

Рассказ о радиоприемнике



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

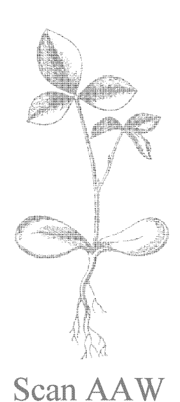
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 428

А. Г. СОБОЛЕВСКИЙ

РАССКАЗ О РАДИОПРИЕМНИКЕ

Иллюстрации художника *Д. П. Мощевитина*





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1962 ЛЕНИНГРАД

В книге, рассчитанной на самый широкий круг читателей, в популярной форме рассказывается о принципах работы радиоприемника.

6Ф2.12 *Соболевский Анатолий Георгиевич*

С54 РАССКАЗ О РАДИОПРИЕМНИКЕ

М.—Л., Госэнергоиздат, 1961

96 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека), вып. 428

6Ф2.12

Редактор *Л. В. Кубаркин* Техн. редактор *Н. И. Борунов*

Сдано в набор 18/X 1961 г. Подписано к печати 18/XII 1961 г.

Т-12157 Бумага 84×108 1/32 4,92 печ. л. Уч.-изд. л. 4,8

Тираж 100 000 экз. Цена 19 коп. Зак. 613

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

Предисловие

Я хочу рассказать историю появления этой книжки. Однажды ко мне в гости пришел маленький мальчик. Увидев на столе радиоприемник, он вскарабкался на стул и завертел ручки радиоприемника. Щелкнул выключатель, шкала приемника осветилась, и через минуту комната огласилась музыкой вперемежку с русской и иностранной речью и раздражающим треском телеграфных радиостанций.

Пришлось прекратить этот «концерт», настроив приемник на какую-то радиостанцию. Красивый тенор пел на итальянском языке. Наш разговор прекратился, мы невольно вслушивались в неуловимо знакомую мелодию.

Певец умолк, и диктор начал что-то рассказывать. Чувствуя, что гостям хочется музыки, я повернул ручку настройки и перешел на другую радиостанцию, передававшую музыку.

— Что это там сделалось? — спросил меня мальчик.

— Что сделалось? — не понял я.

— Почему тетя говорила, а ты повернул вот эту ручку, и опять музыка?

«Перестроился на другую радиостанцию» — хотел я ответить, но решил, что он этого не поймет. В самом деле, что значит «перестроился»?

Я молчал, и родители мальчика решили помочь мне. И вот слушая своих знакомых — людей в общем образованных, — я понял, что они имеют о радио самое смутное представление. Конечно, радиоприемник не был для них чудом, они знали, что работает он в соответствии с законами физики, но все же ... приемник был знаком им снаружи, они знали назначение его ручек, но о том, что делается у него «внутри» имели очень скудные познания.

Вопрос мальчика запомнился мне. Собственно, это был вопрос не только мальчика, но и его родителей, а вскоре я убедился, что многие мои знакомые так же могли бы спросить:

— А что же там «сделалось»?

Как ответить им? Ведь невозможно вложить всю радиотехнику в одну, две беседы. Мне вспомнились годы моего студенчества, когда я изучал электротехнику, радиотехнику, радиоприемные и радиопередающие устройства, области их применения. Сколько лекций пришлось мне прослушать, сколько книг прочитать! На это потребовались годы! Правда, за эти годы я получил исчерпывающий ответ на вопрос «что такое радио?», но подобное знакомство с радио нужно только для тех, кто решил сделать радиотехнику своей профессией. Моим же знакомым надо было как-то просто и коротко рассказать о радиоприемнике. И я решил написать эту книжку.

Откровенно говоря, когда я сел писать ее, то не очень представлял, какой она будет. Вначале я решил рассказать, как люди изобрели радио. Но потом я подумал, что не это главное в подобной книге. Об этом можно прочесть в десятках книг, посвященных истории электротехники и радиотехники, а главнейшие факты известны всем. Кто, например, не знает, что радио — это удивительное средство связи — было изобретено в России А. С. Поповым в 1895 году?

Поэтому я решил, что героем моего рассказа должен стать сам радиоприемник.

Но легко сказать — радиоприемник будет героем рассказа! Много раз брался я за перо, и... останавливался в нерешительности. С чего начать? Как сделать радиоприемник героем рассказа?

Нет, это невозможно! В отчаянии я уже подумывал писать не книгу, а сценарий мультипликационного фильма о радиоприемнике. В кино все можно: приемник на глазах у зрителей разбирался бы на составные части, рассказывал о них, разговаривал бы с конденсаторами и радиолампами, претерпевал различные приключения. А в книге — разве можно заставить приемник разговаривать или вести беседу со своими источниками питания?

А впрочем — нужно ли все это? Зачем выдумывать небылицы, лучше я расскажу о том, как я сам стал ра-

диолюбителем и радио перестало быть для меня тайной. И самое главное, — мне кажется, что рассказ об этом может быть даже полезным для тех читателей, которые хотели бы стать радиолюбителями, да не знают, как это сделать.

Дело в том, что на этом пути нет готовых рецептов, следуя которым можно безошибочно определить: должен ли ты стать радиолюбителем. Радиолюбительство — это призвание! А разве есть какая-нибудь «магическая» формула, по которой можно определить свое призвание? Его — свое призвание — надо почувствовать в себе, оно должно позвать...

Давайте разберемся: что такое радиолюбительство? Помню, в одном из номеров довоенного радиолюбительского журнала «Радиофронт» я прочел интересную статью на эту тему. Сейчас я не могу вспомнить всех ее положений, но в ней была такая мысль: радиолюбители — это не те люди, которые почему-либо не могут купить готовый заводской радиоприемник и поэтому вынуждены строить его самостоятельно. Это очень правильно. Радиолюбители именно не те люди, которые хотят только слушать радио или смотреть телевидение. В этом легко убедиться: родные большинства радиолюбителей в один голос жалуются, что не могут ни радио послушать, ни телевизор посмотреть. Только сядешь, как он (радиолюбитель) начинает что-то подкручивать, что-то регулировать, а потом вообще переворачивает телевизор или радиоприемник и начинает в нем ковыряться. А зачем — ведь так хорошо было видно и слышно!

О чем это говорит? О творчестве или, что то же, о постоянном стремлении к совершенствованию. Но творчески, вдохновенно можно относиться не ко всякому делу, а только к тому, которое тебя увлекает, к которому тянет, без которого иной раз жить не можешь. Следовательно, это дело — твое призвание, отдаваясь ему, познаешь радость творческого труда. А что может быть великолепнее творчества, когда ты силой ума, знаний и обязательно большого труда создаешь новое, полезное людям.

Но позвольте, скажут некоторые, причем тут радиолюбительство? Творчество, вдохновление — можно подумать, речь идет о художнике или поэте. Какое отношение это имеет к запутанному клубку проводов, ламп и ручек,

который к тому же часто забывают накрыть хоть плохеньким ящиком?

В самом деле, что на первый взгляд творческого в просверливании отверстий или установке ламповых панелей, что поэтичного в припаивании проводов или в сизом дыме расплавленной канифоли! Все это ничего не говорит людям, далеким от радиолюбительства и лишенным воображения, потому что они не видят конечной цели этой трудной дороги, что идет через долгие раздумья, поиски в книгах и эксперименты с тем наскоро сделанным сооружением из проводов и радиодеталей, которое потому-то и не накрывают ящиком, что это всего лишь ступенька к дальнейшему.

А что там в конце пути? Все, что угодно: кибернетическое устройство для автоматического управления станком или производственным процессом, новая система радиопередачи или цветного телевидения, радиоаппарат для медицинской диагностики или для контроля за качеством продукции. Разве это может изобрести, сконструировать и построить своими руками человек, лишенный творческого воображения, знаний и огромного трудолюбия!

Вот почему так не просто стать радиолюбителем. Вот почему в радиолюбительство нет столбовсй, удобной для всех дороги, а каждый приходит своим трудным и одновременно увлекательным путем.

Вот так, размышляя о радиолюбительстве, я и решил писать книгу не только о принципах работы радиоприемника, но и о том, как я, увлекшись радиолюбительством, разобрался в основах радиотехники на самодельном приемнике.

Волшебная ручка

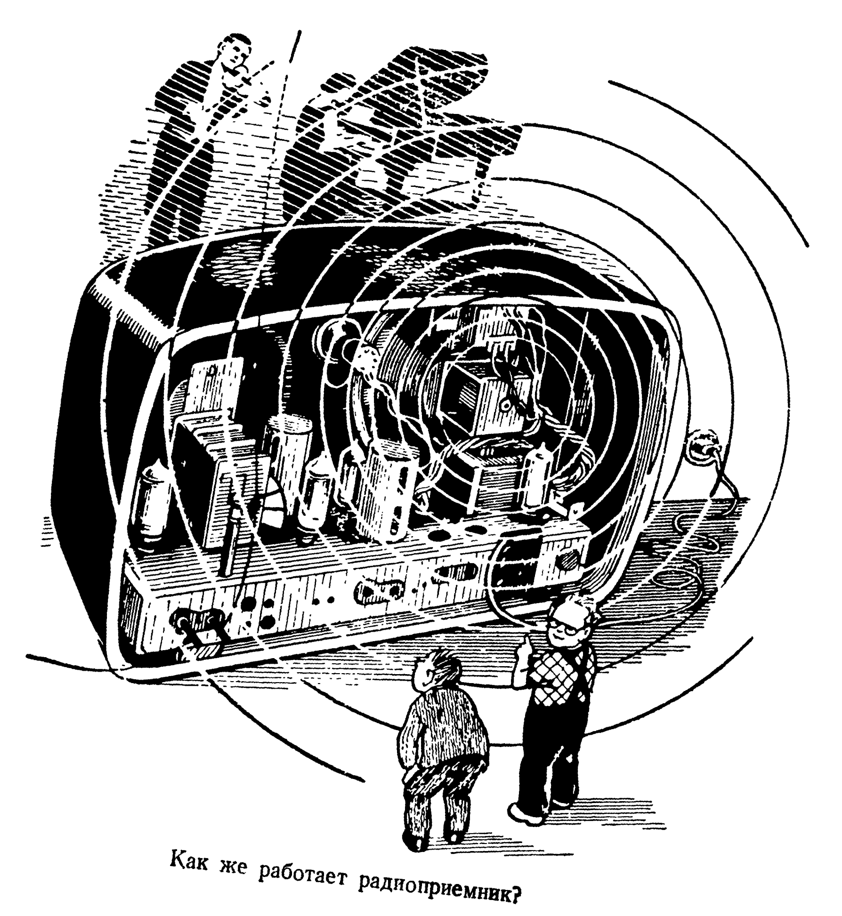
Что у радиоприемника внутри? Откуда в нем музыка, почему он говорит разными голосами на разных языках?

Я заглянул в ящик радиоприемника и обнаружил в нем маятник! Да, да, маятник, только электрический. Он не похож на маятник часов, но у них много общего. И самое замечательное — этот маятник умеет выбирать переменный ток нужной ему частоты.

Когда я был школьником, у нас дома на столике стоял радиоприемник в большом нескладном ящике из окрашенной марганцовкой фанеры. Мой отец был радиолюбителем и сам сделал этот радиоприемник. Я помню, что приемник очень занимал мое воображение. Особенно его небольшая черная ручка, находившаяся рядом с окошком, в котором была видна разграфленная полоска бумаги — шкала. Если поворачивали эту ручку, то полоска бумаги двигалась и из ящика слышались то музыка, то человеческий голос, а иногда — по вечерам— раздавались звуки непонятной речи. Последнее очень радовало взрослых. В такие минуты отец начинал с жаром что-то рассказывать о радиоволнах, огибающих земную поверхность, об электрических токах и прочем.

Однажды, когда отца не было дома, я решил заглянуть внутрь радиоприемника. Я запомнил, как взрослые обращаются с радиоприемником, включил его, отодвинул от стены, у которой он стоял, и заглянул внутрь ящика.

Там были тлеющие тусклым огнем стеклянные колбы радиоламп, картонные цилиндры, обмотанные тонким проводом, пачка фигурных железных пластинок с наде-



Как же работает радиоприемник?

той на нее катушкой провода и большой бумажный рупор, прикрепленный в верхней части ящика. Было еще много проводов, голых и в изоляции.

Кроме этого в ящике ничего не было. Я только заметил, что при вращении маленькой черной ручки настройки изменяется положение металлических пластинок, установленных словно зубья гребенки. Эти пластинки при вращении ручки настройки погружались в пространство между такими же пластинками, но неподвижно закрепленными. Вот и все изменения при вращении ручки настройки!

Конечно, такое открытие меня разочаровало, хотя интерес к приемнику не уменьшился. Как мог столь незначительный с виду результат вращения ручки настройки вызывать то привычное «Говорит Москва», то гром оркестра, то непонятную человеческую речь.

Вечером я спросил об этом отца.

— А ты знаешь, что в приемнике есть маятник? — ответил мне вопросом отец.

— Маятник? — удивился я и невольно поднял глаза на «ходики», висевшие на стене. — Ты, наверное, шутишь?

— Да, маятник, — подтвердил отец. Правда, внешне он не похож на маятник часов, но это самый настоящий маятник, только электрический. Ты знаешь, как работает маятник часов?

Он подвел меня к «ходикам» и остановил маятник.

— Сейчас маятник неподвижен и находится в среднем положении. Чтобы маятник пришел в движение, т. е. чтобы начались колебания, надо совершить некоторую начальную работу: сообщить маятнику определенную энергию. Вот смотри!

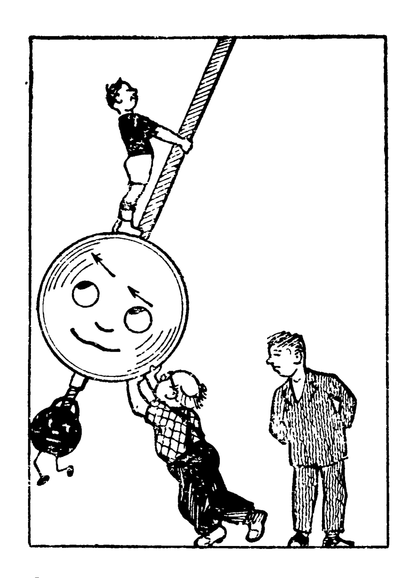
Отец отвел маятник в крайнее положение.

— Я переместил маятник и этим сообщил ему некоторый запас потенциальной энергии. Если я теперь уберу руку, то потенциальная энергия маятника будет превращаться в кинетическую, т. е. энергию движения: маятник начнет двигаться.

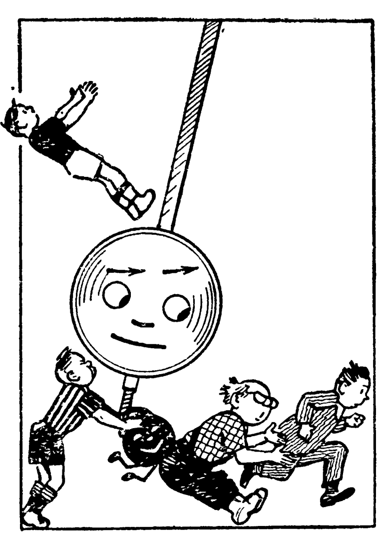
Он убрал руку, и в комнате снова послышалось равномерное «тик-так».

— Ты все понял?

— Все! — решительно заявил я.



Отводя маятник в крайнее положение, мы сообщаем ему запас потенциальной энергии.



При колебаниях маятника происходит переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно.

— Тогда объясни, почему маятник, вернувшись в среднее положение, не прекратил колебания? Ведь я вывел его из этого положения и он, вернувшись в него, должен был бы успокоиться.

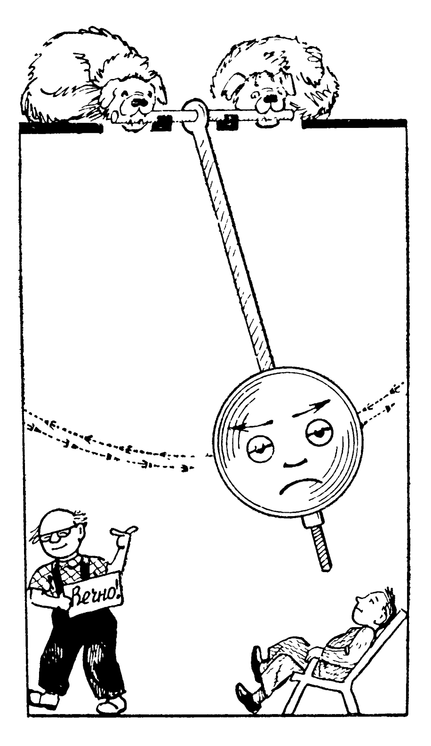
— По инерции... — не очень уверенно начал я.

— Правильно, но что значит: по инерции?

Я молчал.

— Видишь ли, в физике существует закон, который говорит, что энергия не может исчезнуть. Я затратил энергию, переместив маятник в крайнее положение, а маятник, возвращаясь в положение равновесия, не затрачивал энергии. Он лишь совершил превращение потенциальной энергии в кинетическую — приобрел скорость, причем в положении равновесия скорость его максимальная, так как вся потенциальная энергия перешла в кинетическую — в энергию движения. Если бы маятник в этот миг остановился, то это означало бы, что его кинетическая энергия вдруг исчезла. Это прои-

зойти не может, поэтому маятник проходит положение равновесия и начинает расходовать кинетическую энергию на подъем в противоположное крайнее положение, т. е. совершает новое превращение энергии, но теперь уже кинетической в потенциальную. Скорость движения маятника будет уменьшаться и в крайнем положении упадет до нуля. Затем начнется обратный процесс, в результате которого маятник переместится сначала в положение равновесия, а потом в начальное крайнее положение, совершив полный цикл колебания. Запомни это выражение: полный цикл колебания!



Колебания маятника затухают в результате сопротивления воздуха, трения в подшипниках и т. п.

— А когда же он остановится? — спросил я.

— Если бы маятнику ничто не мешало, то он колебался бы вечно. Но для этого надо, чтобы вся потенциальная энергия, сообщенная маятнику, полностью переходила в кинетическую и обратно, т. е. отсутствовали бы потери энергии при колебаниях. К сожалению, в действительности потери всегда имеются: на трение в точке подвески маятника, на преодоление сопротивления воздуха и пр. Поэтому после нескольких качаний маятник израсходует на эти потери всю сообщенную ему энергию и остановится в положении равновесия. Запомни, потери вызывают затухание колебаний.

— Хорошо, — согласился я, — но при чем же тут радиоприемник? Ведь ты хотел рассказать мне о ручке настройки!

— Сейчас, сейчас! Именно поэтому я и рассказываю о маятнике. Ведь в радиоприемнике есть свой маятник, хотя он непохож на маятник часов. Он — сердце радиоприемника! И если ты не поймешь, как он работает, то вообще ничего не поймешь в радиоприемнике. Поэтому потерпи немного.

Я вздохнул, и отец продолжал.

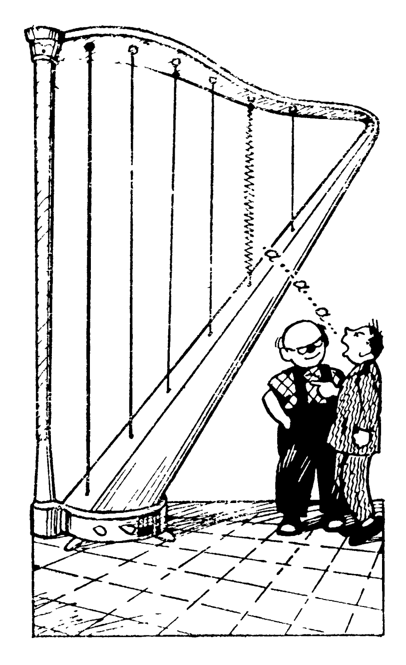
— Когда маятник колеблется сам по себе, то говорят, что он совершает свободные колебания. Количество этих колебаний в секунду — частота колебаний — зависит от скорости, перехода одного вида энергии в другой и определяется длиной маятника: длинный маятник совершает медленные колебания, короткий — быстрые.

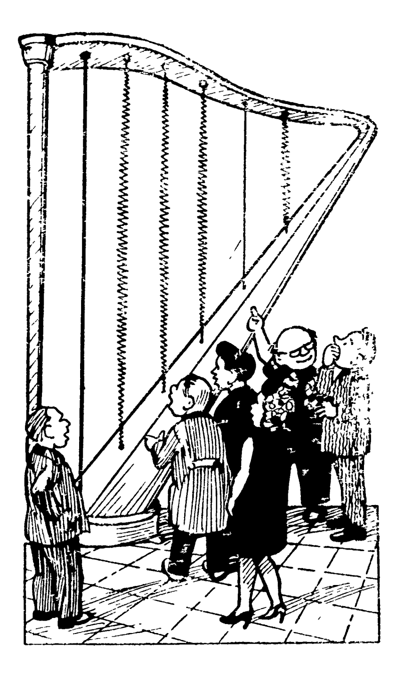
Но колебания маятника могут быть не только свободными, но и вынужденными — когда маятник колеблется под действием внешней силы, например, если его подталкивают. Тогда частота колебаний маятника равна частоте действия этой внешней силы.

Однако маятнику не безразлично, с какой частотой действует на него внешняя сила. Он «предпочитает» ту силу, которая действует на него с частотой, равной частоте его свободных колебаний. В этом случае амплитуда (размах) колебаний маятника становится максимальной. Такая «привередливость» маятника понятна: увеличение амплитуды колебаний происходит только в том случае, если внешняя сила воздействует на маятник в такт с его колебаниями. В противном случае момент приложения силы будет все время изменяться, и если вначале сила подталкивает маятник в направлении его движения, то через несколько периодов она уже будет препятствовать его движению. Если же частота действия внешней силы и частота собственных колебаний маятника совпадают, то амплитуда колебаний будет все время увеличиваться, пока не достигнет наибольшей величины, при которой установится равенство между энергией, сообщаемой маятнику внешней силой, и потерями.

Это явление носит название резонанса. По-латыни резонанс означает «отклик». И действительно, маятник как бы откликается на действие внешней силы.

Явление резонанса играет в радиотехнике большую роль, поэтому надо поговорить о нем подробнее. Может быть ты замечал, что если крикнуть около рояля, то он



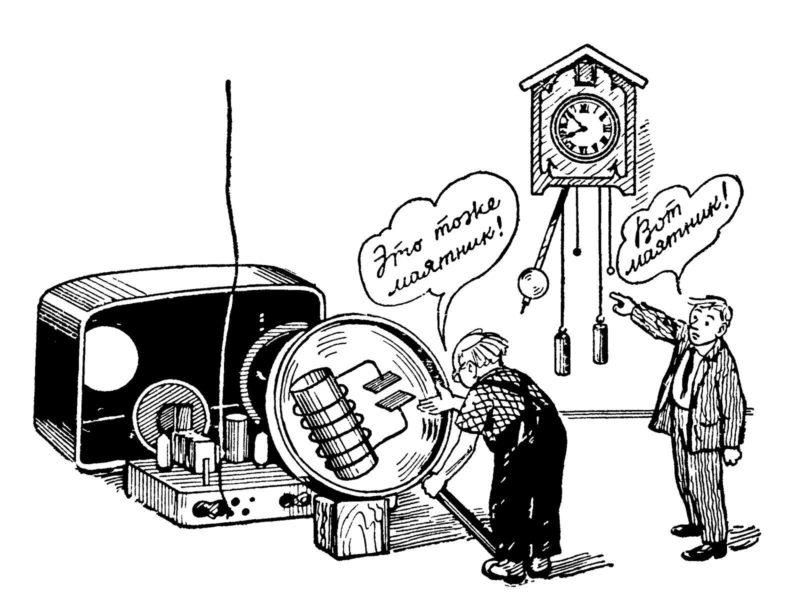


Откликаются те струны, собственные частоты колебаний которых совпадают с частотой звуковых колебаний.

отзовется: зазвучит одна или несколько струн. Это происходит благодаря резонансу. Ты крикнул, твои голосовые связки заставили частицы воздуха колебаться с определенной частотой. Колебания воздуха передаются струнам рояля. Но те струны, собственные частоты колебаний которых не совпадают с частотой колебаний воздуха, почти не отзываются на эти колебания. А вот струна, собственная частота колебаний которой совпадает с частотой колебаний воздуха, приобретает большую амплитуду колебаний и начинает звучать сама. Благодаря резонансу она откликается на твой голос.

Заметь, откликается! Могут кричать люди с разными голосами, но струна будет молчать. И только когда крикнешь ты, струна отзовется. Она узнает твой голос среди других, потому что настроена на его частоту.

— Настроена! — обрадовался я. — Это как в радиоприемнике!



В радиоприемнике тоже есть маятник, только электрический. Называется он колебательным контуром.

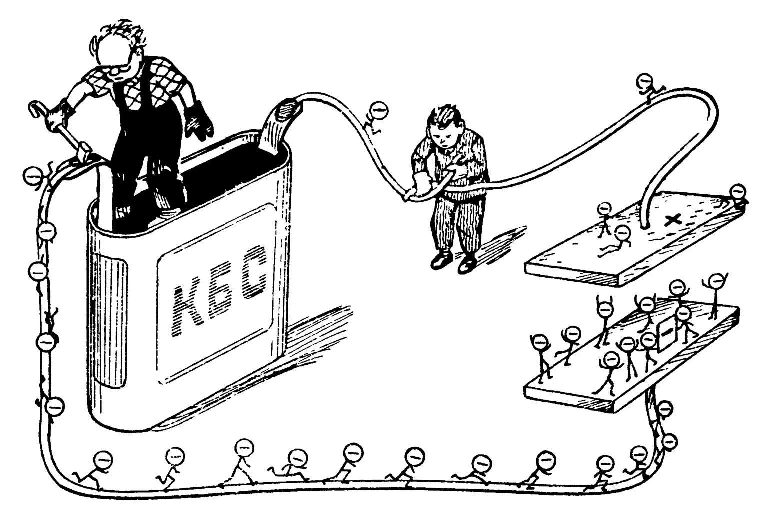
— Вот теперь давай поговорим о нем,— предложил отец. — В каждом радиоприемнике есть маятник. Только электрический! Называется он колебательным контуром.

Он отодвинул радиоприемник от стены, чтобы я мог заглянуть внутрь ящика.

— Видишь вот эти цилиндры с намотанным на них проводом? Это катушки индуктивности, а вот это — конденсатор.

— Это самый настоящий маятник, — продолжал отец. Он колеблется по тем же законам, что и часовой. Правда, колебания электрического маятника незаметны— маятник остается неподвижным. Колебания происходят внутри маятника — их совершает электрический ток.

Давай проделаем опыт: присоединим к электрической батарее конденсатор, а когда он зарядится, отключим батарею и вместо нее параллельно конденсатору присоединим индуктивность — катушку, намотанную проводом.

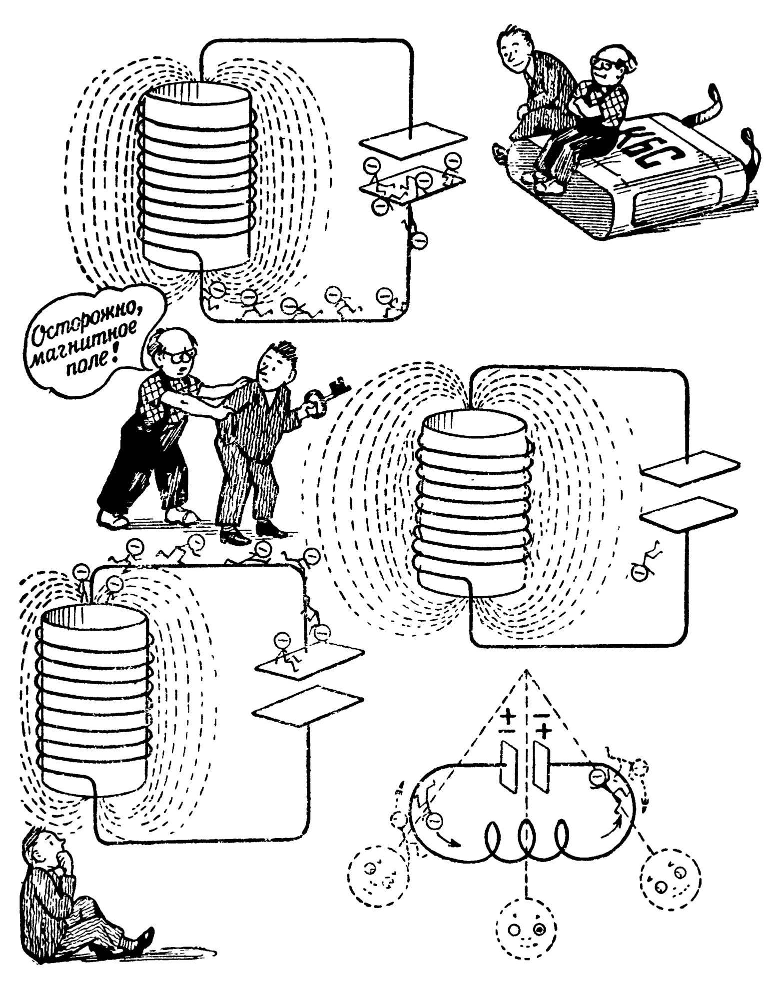


Так происходит заряд электрического конденсатора.

Что значит «конденсатор зарядится»? Это значит, что под действием разности потенциалов батареи часть электронов — отрицательных электрических зарядов — уйдет с пластины конденсатора, присоединенной к положительному полюсу батареи. На другой же пластине, присоединенной к отрицательному полюсу батареи, накопятся электроны. Тем самым она станет отрицательно заряженной относительно первой пластины, т. е. конденсатор запасет определенную порцию электрической энергии.

Как только параллельно конденсатору будет присоединена катушка индуктивности, конденсатор начнет разряжаться, т. е. по проводу катушки от одной обкладки конденсатора к другой потекут электроны — пойдет электрический ток.

Если бы вместо катушки индуктивности был взят прямой отрезок провода, то в момент соединения ток разряда был бы максимальным, а затем он постепенно уменьшался бы до нуля. Конденсатор разрядился бы, а запасенная им электрическая энергия израсходовалась на преодоление электрического сопротивления провода (т. е. на нагрев провода). Но разряд конденсатора через катушку индуктивности происходит иначе.



В колебательном контуре колебания совершает электрический ток.

Дело в том, что катушка индуктивности препятствует мгновенным изменениям тока в цепи, в которую она включена. Индуктивность можно уподобить массе. Ведь масса тела не дает ему возможности мгновенно набрать или уменьшить скорость. Видел ты когда-нибудь, чтобы автомобиль мгновенно срывался с места со скоростью 60 километров в час? Или мгновенно останавливался? Даже если водитель намертво затормозил и колеса не вращаются, автомобиль продолжает движение, пока не израсходует запасенную кинетическую энергию на преодоление трения заторможенных колес об асфальт.

Вот так и индуктивность: она не позволяет току разряда конденсатора сразу достигнуть максимального значения, как это было при разряде конденсатора на прямой отрезок провода. Ток разряда нарастает постепенно, причем энергия расходуется на преодоление «инертности» индуктивности. В момент, когда конденсатор полностью разрядится, ток в цепи конденсатор — катушка индуктивности достигнет максимума.

Казалось бы все должно и закончиться — конденсатор разрядился. Но ведь ток в колебательном контуре достиг максимума. Он не может мгновенно исчезнуть: не позволит индуктивность, подобно тому как масса тела препятствует мгновенной остановке тела. Иными словами, к моменту полного разряда конденсатора индуктивность как бы вбирает в себя всю энергию и запасает ее в виде магнитного поля. Затем она начинает отдавать эту энергию, поддерживая ток в колебательном контуре. Поэтому после разряда конденсатора ток в контуре, достигнув максимума, не исчезает мгновенно, а спадает постепенно, причем в это время происходит перезаряд конденсатора.

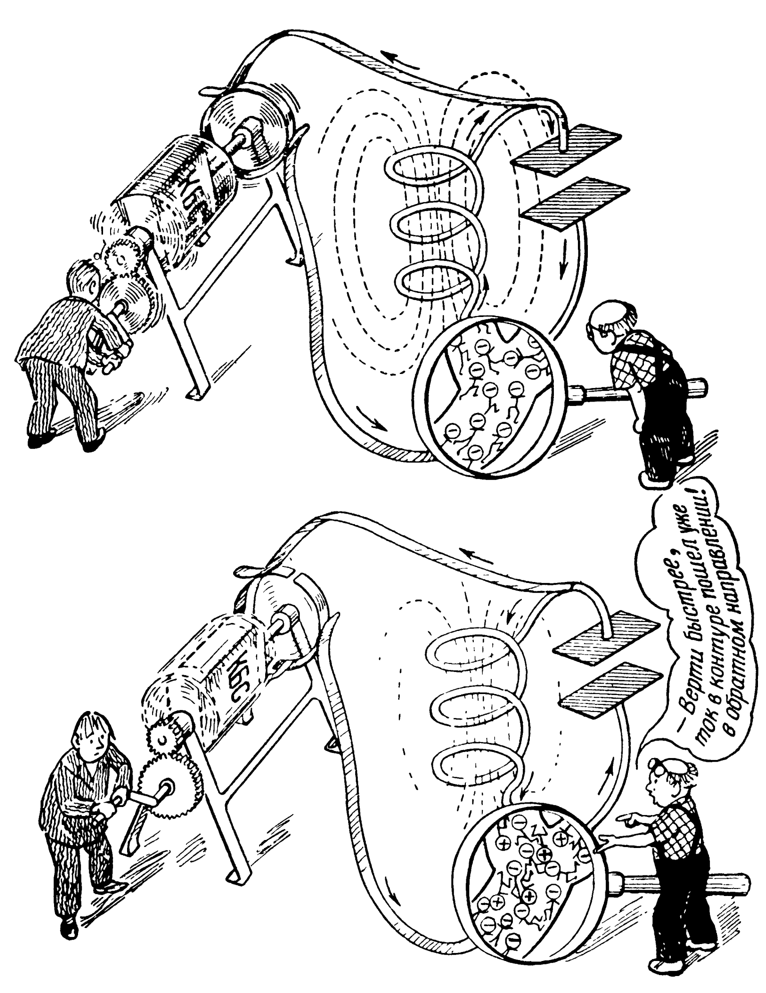
Перезаряд происходит потому, что если во время разряда происходил перенос зарядов с нижней обкладки конденсатора на верхнюю, то после разряда заряды под действием спадающего тока в контуре начнут накапливаться на верхней обкладке и теперь она станет отрицательной.

Когда спадающий ток в контуре уменьшится до нуля, конденсатор окажется полностью перезаряженным и начнется новый разрд конденсатора, причем ток разряда теперь будет иметь противоположное направление и т. д.

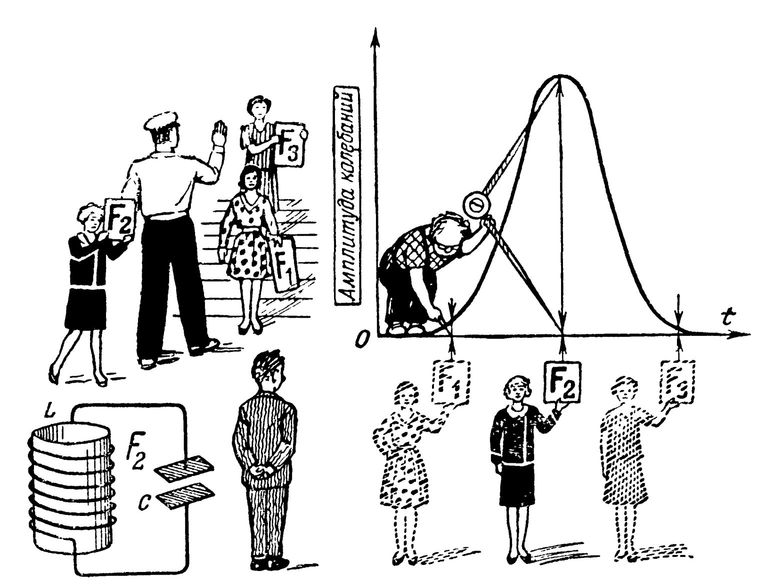
Вспомни теперь колебания часового маятника. Нет ли между ним и электрическим маятником — колебательным контуром — сходства? Часовому маятнику для возбуждения колебаний надо сообщить некоторую порцию энергии. Электрическому конденсатору тоже надо сообщить какое-то количество электрической энергии. В часовом маятнике потенциальная энергия затем переходит в кинетическую — в энергию движения маятника, и в электрическом маятнике электрическая энергия конденсатора переходит в энергию магнитного поля в катушке индуктивности. Сходство достаточно полное!

Раз так, то все, что я рассказывал о свободных и вынужденных колебаниях часового маятника, о резонансе и настройке маятника, — все это относится и к электрическому маятнику. Только роль трения и сопротивления воздуха в электрическом маятнике выполняет электрическое сопротивление провода катушки индуктивности. Роль же внешней силы выполняет электрический ток.

Если подвести к колебательному контуру переменный ток с частотой, равной собственной частоте колебаний контура, то этот внешний ток будет как бы раскачивать контур в такт с его колебаниями. Поэтому амплитуда колебаний тока в контуре будет наибольшей. Про этот случай можно сказать, что колебательный контур настроен на частоту внешнего переменного тока. Чем определяется частота настройки контура? Очевидно, емкостью конденсатора и инертностью катушки индуктивности — величиной индуктивности. Чем больше емкость и индуктивность, тем продолжительней цикл колебания тока в контуре, тем ниже собственная частота контура. Изменяя емкость конденсатора — увеличивая или уменьшая размеры его обкладок, изменяя расстояния между обкладками, можно изменять частоту настройки контура. То же самое и при изменении индуктивности катушки контура, причем индуктивность тем больше, чем больше число витков. Кроме того, индуктивность катушки может быть увеличена введением внутрь ее магнитного сердечника. Это очень выгодно, потому что в катушке с магнитным сердечником число витков может быть меньшим, чем в катушке без сердечника. Такая катушка будет обладать меньшим электрическим сопротивлением, потери в ней будут меньше, следовательно,



Если частота переменного тока совпадает с частотой собственных колебаний контура, то колебания в контуре достигают наибольшей амплитуды.



Через колебательный контур пройдет лишь ток частоты, равной частоте собственных колебаний контура.

амплитуда колебаний в контуре с такой катушкой будет больше.

— Это очень важно, что настройку колебательного контура можно изменять, — многозначительно сказал отец.

— Почему? — нетерпеливо спросил я.

Он улыбнулся:

— Потерпи, я не могу рассказать тебе все сразу. Сначала ты должен понять, как работает колебательный контур, и только после этого тебе станет ясно, зачем он в радиоприемнике. Поэтому не торопись. Ты видишь эту ручку? — он указал на ручку настройки. — Вращая ее, можно изменять емкость конденсатора, а тем самым и настройку колебательного контура.

— А как ручка изменяет емкость конденсатора? — не унимался я.

— Конденсатор контура состоит из двух групп пластин. Одна группа неподвижно закреплена в корпусе конденсатора, другая, изолированная от первой, может вращаться. Подвижные пластины входят в промежутки

между неподвижными. Чем глубже введены подвижные пластины в промежутки между неподвижными, тем больше емкость конденсатора. Изменение же положения пластин производится с помощью ручки настройки.

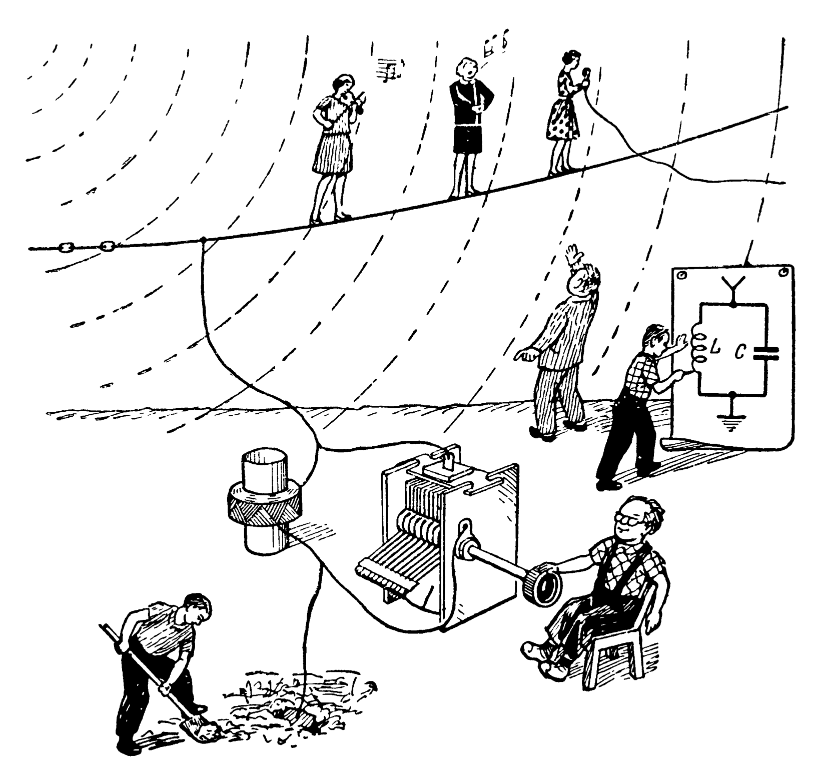
Но пойдем дальше. Посмотрим, что будет с колебательным контуром, если к нему подвести переменный ток с частотой, несколько отличающейся от собственной частоты контура. В этом случае амплитуда колебаний в контуре не достигнет такой величины, как в предыдущем случае, так как переменный ток такой частоты не будет точно в такт «подталкивать» колебания тока в контуре. Чем больше частота внешнего тока будет отличаться от частоты, на которую настроен контур, тем меньше будет амплитуда колебаний в контуре.

Вспомни: струна рояля, настроенная на твой голос, не отозвалась на голоса других людей. Вот так же и колебательный контур отзывается только на переменный ток той частоты, на которую он настроен. И он сумеет отличить этот ток среди токов с другими частотами: те токи не вызовут в нем колебаний, а этот вызовет.

Отец помолчал и заговорил снова:

— Сейчас на Земле очень много радиостанций, самых различных: мощных и слабых, предназначенных для радиовещания и для различных служебных целей — для связи с кораблями, самолетами, поисковыми партиями и пр. Но частоты, на которых работают они, различны. Это означает, что каждая радиостанция излучает высокочастотные колебания строго определенной частоты. Эти колебания в виде радиоволн достигают антенны приемника и возбуждают в ней высокочастотные токи «своей» частоты. Из антенны эти токи поступают в колебательный контур приемника.

Далее все зависит от того, на какую частоту настроен колебательный контур. Предположим, что он настроен на частоту какой-либо радиостанции. Тогда колебания, наведенные этой радиостанцией в антенне приемника, создадут в контуре колебания. Другие радиостанции, частоты которых близки к частоте, на которую настроен контур, тоже создадут в нем колебания, но амплитуды этих колебаний будут много меньше. Поэтому, контур выделит из колебаний, наведенных в антенне приемника, только колебания, излучаемые данной радиостанцией, и приемник примет эту радиостанцию. Если надо



Колебательный контур выделит из антенны ту частоту, на которую он настроен.

перейти на прием другой радиостанции, то, вращая ручку настройки, изменяют емкость конденсатора контура. Когда собственная частота контура радиоприемника сделается равной частоте колебаний нужной радиостанции, приемник будет принимать эту радиостанцию.

Таким образом, колебательный контур как бы выбирает ту радиостанцию, на частоту которой он настроен. Радиотехники называют эту способность контура избирательностью.

— Ты все понял? — спросил в заключение отец.

— Все! — подтвердил я.

Сапоги-скороходы

Итак, я узнал о радиоприемнике самое главное. Вот только непонятно, как переменный ток из антенны радиостанции попадает в антенну приемника. Ведь антенны ничем не связаны, между ними даже воздух может отсутствовать — например, при радиосвязи с космическими ракетами.

Говорят, радиосвязь осуществляется при помощи радиоволн. А что это такое? Может быть они похожи на водяные волны?

С тех пор я больше не расспрашивал отца о радиоприемнике, считая, что знаю все.

Прошло несколько лет. Я кончал школу. Как-то вечером я пошел к одному из моих товарищей. Была осень. Холодный ветер срывал с деревьев мокрые листья, огни фонарей расплывались тусклыми пятнами.

Товарищ, к которому я шел, был известен у нас в школе как радиолюбитель. Меня он интересовал особенно тем, что был радиолюбитель-коротковолновик. В то время меня не увлекала радиотехника, но при мысли, что из своей комнаты можно разговаривать с целым миром, фантазия моя разгоралась. Поэтому я и напросился в гости к этому товарищу.

Когда я, мокрый и продрогший, позвонил у обитой черной клеенкой двери, мне открыли не сразу. Несколько минут я прислушивался — из-за двери не доносилось ни звука. Потом дверь распахнулась, на мгновение показался вихрастый юноша в круглых очках и, крикнув: «Входи!» — исчез.

Я снял пальто и вошел в комнату. В ней был полумрак, только большой письменный стол, заставленный радиоаппаратурой, ярко освещался настольной лампой.

Товарищ мой сидел с наушниками на голове около телеграфного ключа. Левая рука его лежала на черной ручке настройки приемника, правой он что-то быстро писал в толстой тетради.

Кончив писать, он произвел несколько переключений и взялся за телеграфный ключ. В тишине отчетливо рассыпалась дробь азбуки Морзе.

Я пристроился на свободном стуле и издали разглядывал поблескивающие шкалами и полированными ручками радиоаппараты.

Через некоторое время товарищ щелкнул выключателем, снял наушники и обернулся ко мне.

— С Кубой говорил! — сообщил он, стараясь скрыть радость.

Я почтительно промолчал, а он великодушно предложил:

— Давай еще что-нибудь дальнее поищем.

Он завертел ручки, иногда останавливаясь на какой-нибудь едва слышимой трескотне «морзянки», вслушивался и говорил:

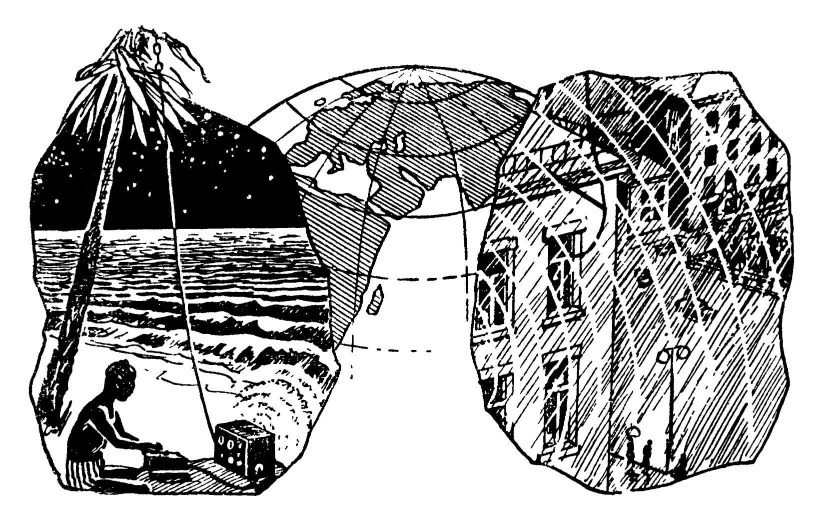
— Вот это Африка, ... вот это Испания, ... а это наши, но далеко — Сибирь.

Я тоже прислушивался к потрескиванию приемника и вспоминал сырой пронизывающий ветер на улице, низкое небо, отражавшее огни Москвы, и представлял себе огромные расстояния, отделявшие эту комнату от Африки, Испании и Сибири. Дождь, пустыни, горы и океаны лежали между нами. Казалось я видел маленький островок где-то в океане и антенну радиопередатчика; с нее срываются радиоволны и уносятся в ночное небо.

Товарищ выключил приемник и зажег в комнате свет. Я очнулся, взглянул на приемник и передатчик на столе, оказавшиеся при свете куда менее внушительными, и мне захотелось постичь ту силу, которая позволяет этим двум неказистым ящикам побеждать колоссальные расстояния.

Радиоволны! — я слышал о их существовании, но когда пытался представить себе, то почему-то всегда передо мною возникала антенна и черное, усыпанное звездами небо.

Я сказал об этом товарищу. Он удивленно посмотрел на меня.



Радио не страшны „ни дождь, ни ветер, ни звезд ночной полет“, ни огромные расстояния.

— Ты правда не знаешь, как все это происходит? — спросил он и указал на стол с радиоаппаратурой.

— Расскажи, — попросил я.

Он задумался.

— Не знаю, с чего начать. Что такое радиоволны? Лучше спроси, что такое радио. Знаешь, человечество тысячелетиями стояло у порога радио и не замечало этого. Вероятно, уже пещерный человек передавал сигналы об опасности или об удачной охоте с помощью костров, т. е. с помощью света. А ведь свет и радиоволны, которыми пользуется современная радиотехника — это одно и то же. Конечно, первобытные люди не думали о радио в нашем понимании этого слова, но уже они заметили, что свет — это самый быстрый посланец.

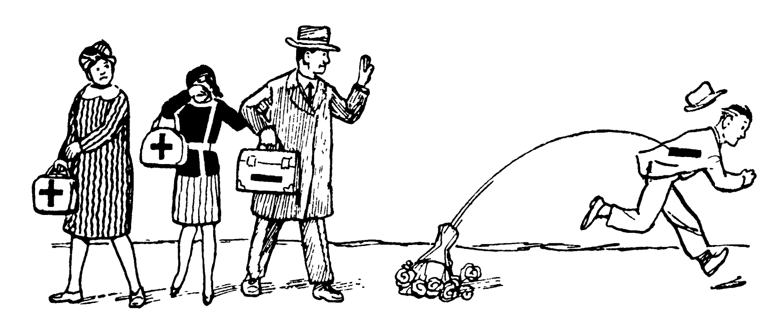
Трудно сказать, с какого момента люди начали проникать в тайну радио. Пожалуй, первым, кто приоткрыл завесу, был английский ученый Майкл Фарадей, хотя он и не помышлял о радио. В 1845 г. он высказал мысль о связи между светом и электромагнитными явлениями. Другой английский ученый Максвелл создал математическую теорию электромагнитных явлений и твердо ска-



Электрические заряды разного знака притягиваются.

зал: «Свет есть не что иное, как электромагнитные колебания».

Суть электромагнитной теории заключалась в следующем. Электрический заряд, находящийся в каком-либо предмете, или электрический ток, преставляющий собой движущиеся по проводнику электрические заряды, влияет на окружающее пространство. Между электрическими зарядами действуют силы, заставляющие заряды двигаться в пространстве, т. е. вокруг электрического заряда образуется поле, пронизанное силовыми линиями. В существовании такого поля вокруг элекгрических зарядов можешь убедиться на самом простом опыте: потри эбонитовую палочку и поднеси ее к маленьким кусочкам бумаги — бумажки подпрыгнут и притянутся к палочке именно благодаря силам, действующим между электри-



Электрические заряды одинакового знака отталкиваются.

ческими зарядами, благодаря энергии электрического поля.

Но вокруг проводника, по которому движутся электрические заряды, т. е. проходит электрический ток, существует не только электрическое поле. Существует еще и магнитное поле. В этом тоже легко убедиться на опыте: помести рядом с проводом магнитную стрелку — она будет стремиться повернуться перпендикулярно направлению движения электрического тока.

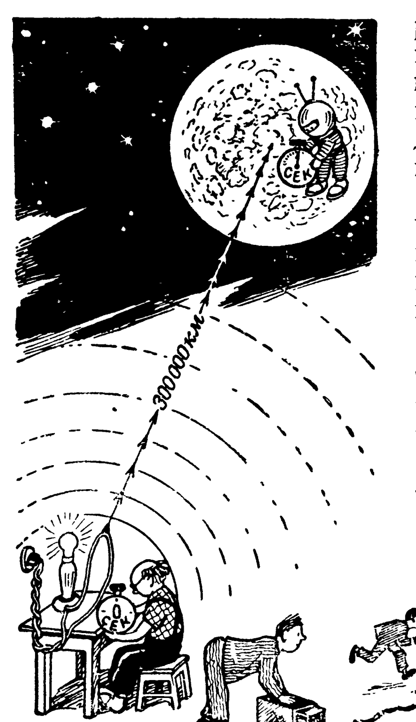
Таким образом, магнитные и электрические явления связаны друг с другом. Еще явственнее эта связь проявляется в переменных магнитных и электрических полях. Если в пространстве имеется изменяющееся электрическое поле, например создаваемое изменяющимся электрическим током, проходящим по проводу, то вокруг провода создается изменяющееся магнитное поле. И наоборот, если имеется изменяющееся магнитное поле, то возникает и изменяющееся электрическое поле.

Заметь, мы создали переменное электрическое поле и получили переменное магнитное поле, которое в свою очередь создаст переменное электрическое поле, а то опять создаст переменное магнитное поле и т. д. Поля создают друг друга! Выходит, что созданные поля уже никогда не исчезнут.

Но самое замечательное, что эти поля начнут «уходить» от создавшего их проводника с огромной скоростью, примерно 300 000 километров в секунду. «Уходить» они будут потому, что каждое поле создает свое поле вокруг себя, а само затухает, т. е. исчезает. Первоначальное электрическое поле прекратится, как только прекратится прохождение электрического тока по проводнику, но его энергия не исчезнет, а в виде электромагнитного колебания (попеременно возникающих электрического и магнитного полей) умчится прочь от проводника с колоссальной скоростью. И заметь — без всяких проводов!

Вот так электромагнитная теория Максвелла объясняла связь между электрическими и магнитными явлениями и теоретически предсказывала существование электромагнитных полей, или, как их позднее стали называть, электромагнитных волн.

Почему «волн»? Да потому, что электромагнитные колебания и их распространение несколько напоминает



распространение волн по поверхности воды от брошенного камня. Как это происходит? Сначала вода под камнем подается вниз, потом вокруг возникает вал, который начинает распространяться во все стороны, а за этим первым валом следует впадина, потом новый вал и т. д. Если в какой-либо точке поверхности воды, через которую проходят волны, подсчитать, сколько валов или впадин проходит за одну секунду, то полученное число будет равно часто-

Электромагнитные волны распространяются с огромной скоростью.

те колебаний воды. То же самое и для электромагнитных колебаний, т. е. частота колебаний покажет, сколько раз в секунду изменяется электрическое или магнитное поле.

Максвелл предсказал существование электромагнитных волн теоретически. Он не знал, как их обнаружить, но утверждал, что это можно сделать. Ведь глаз видит свет, а свет—это электромагнитные волны; теория Максвелла доказала это свершенно точно. Что электромагнитные волны реальность, а не фантазия ученого — об этом говорили нам глаза.

Максвелл был ученый-теоретик. Он блестяще обработал при помощи математики все бывшие в его распоряжении факты и построил на них теорию, предсказавшую то, чего еще никто не знал. Но чтобы проверить эту тео-



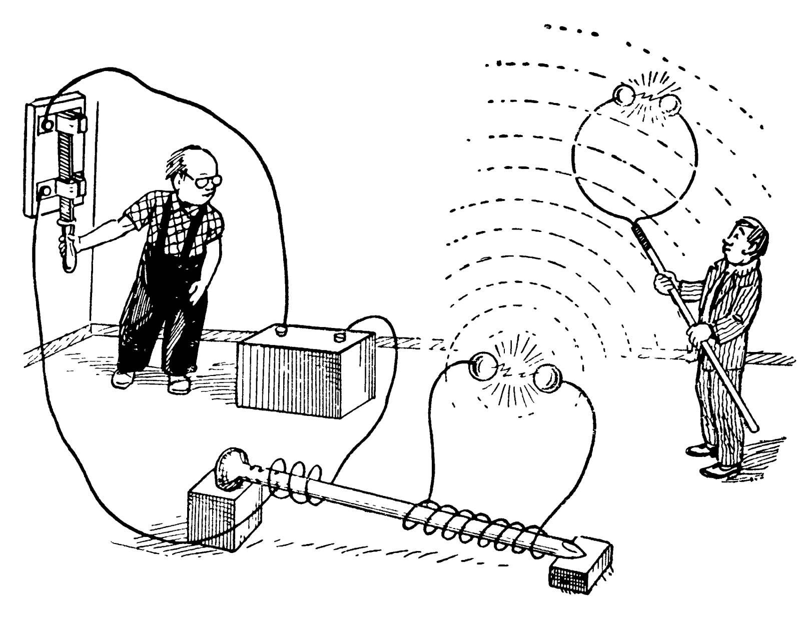
„Радиоволны“ на воде

рию на практике, а тем более создать на ее основе радио, для этого требовались выдающиеся экспериментаторы и изобретатели. Ими стали Генрих Герц и Александр Степанович Попов.

Герц в 1888 г. поставил опыт, который по существу является первым практическим шагом в радиотехнику.

Опыт Герца был гениально прост. К индукционной катушке — катушке с двумя обмотками: первичной с малым числом витков и вторичной с очень большим числом витков — был присоединен вибратор, представлявший собой два стержня с шариками на концах. Первичная обмотка катушки питалась через прерыватель постоянным током от батареи. Прерывистый ток, проходя по первичной обмотке катушки, возбуждал во вторичной обмотке ток очень высокого напряжения (так как число витков вторичной обмотки было много больше числа витков первичной). Это высокое напряжение, поданное на вибратор, заставляло проскакивать между его шариками электрическую искру.

Что такое искра? Ее можно уподобить проводнику, по которому проходит быстро изменяющийся электрический ток. Вокруг такого проводника создается изменяющееся электрическое поле, а следовательно, и изменяю-



„Опыт“ Герца.

щееся магнитное поле, т. е вибратор с искрой представлял собой источник электромагнитных волн.

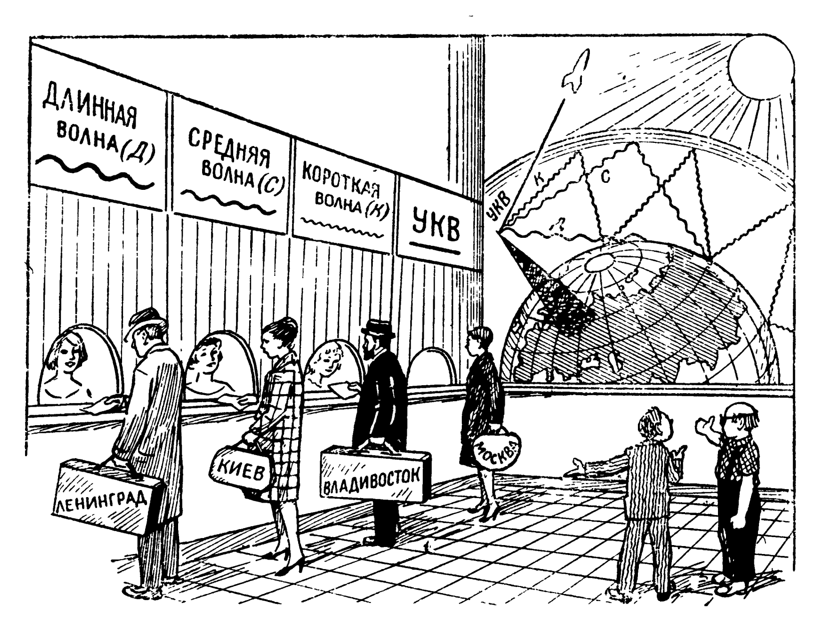
Герц рассуждал так: если вокруг вибратора существуют электромагнитные волны, то эти волны, достигая какого-либо проводника, должны возбуждать в нем электрические колебания, так как всякое переменное магнитное или электрическое поле возбуждает в проводнике электрический ток — это он знал еще из опытов Фарадея Как обнаружить этот ток в проводнике? Электрический ток в проводнике означает, что на концах проводника существует разность потенциалов, т. е. электрическое напряжение. Поэтому Герц свернул проводник, предназначенный для возбуждения в нем электрических колебаний — для приема электромагнитных волн, в кольцо, оставив между его концами маленький просвет. Если электромагнитные волны — рассуждал Герц — создадут в проводнике электрические колебания, то благодаря возникшему электрическому напряжению между концами проводника проскочит электрическая искра.

И действительно, как только в вибраторе проскакивала искра — излучались электромагнитные волны, — между концами проводника, названного Герцем резонатором, немедленно также проскакивала искра. Резонатор отзывался на работу вибратора!

— Подожди, — прервал я, чувствуя, что рассказ становится похожим на лекцию. — Если свет и электромагнитные волны одно и то же, то почему световой свя̀зью можно пользоваться только в пределах прямой видимости, а электромагнитные волны радио позволяют связаться с любым пунктом земного шара?

— Дело в том, что электромагнитные волны разной длины распространяются не одинаково. Как распространяются световые электромагнитные волны, т. е. очень короткие волны с длиной всего в десятые доли микрона, ты знаешь — прямолинейно. Поставь между источником света и глазом какой-либо непрозрачный предмет, и ты не увидишь света. Свет не может обогнуть предмет. Кроме того, многие вещества не прозрачны для световых волн. Они не могут пройти даже через тонкий лист бумаги, не говоря уже о более плотных материалах. Только так называемые оптически прозрачные материалы, например стекло, обладают таким строением, что пропускают световые электромагнитные волны без существенного ослабления.

Радиоволны тоже распространяются прямолинейно, но в отличие от световых значительно лучше огибают предметы, а главное, меньше затухают в них. Каменные стены, дерево, бетон, — все это «стекло» для радиоволн. И только проводники, например металлы, не прозрачны для них. Почему? Да потому, что электромагнитные волны возбуждают в проводниках электрические токи и этим самым отдают им свою энергию, т. е. затухают. Кроме того, металлическая поверхность (а точнее сказать — электропроводная поверхность) для них то же самое, что зеркало для световых электромагнитных волн. Радиоволны отражаются от такой поверхности. Именно в этом основное достоинство радиоволн как средства связи. Впрочем, это скорее счастливая особенность строения земной атмосферы. Дело в том, что над Землей на большой высоте существуют несколько ионизированных, т. е. электропроводных, слоев воздуха. Эти слои отражают радиоволны, возвращая их к поверхности



В зависимости от расстояния для радиосвязи используют радиоволны различной длины.

земли, причем радиоволны различной длины отражаются по-разному.

Весь диапазон радиоволн условно разделили на четыре участка: длинные, средние, короткие и ультракороткие волны. Каждая группа обладает характерными особенностями распространения.

Длинные волны (длины волн 3 000 — 1 000 *м* и соответственно частоты 100—300 *кгц*) почти не отражаются ионизированным слоем воздуха, но обладают хорошей способностью огибать кривизну земного шара, удаляясь от антенны передатчика на 1 000—2 000 *км*. Постепенно они слабеют и, наконец, окончательно затухают. Поэтому длинные волны используют для связи на сравнительно небольшие расстояния, не более 2 000 *км*. Зато радиосвязь на этих волнах отличается хорошей устойчивостью.

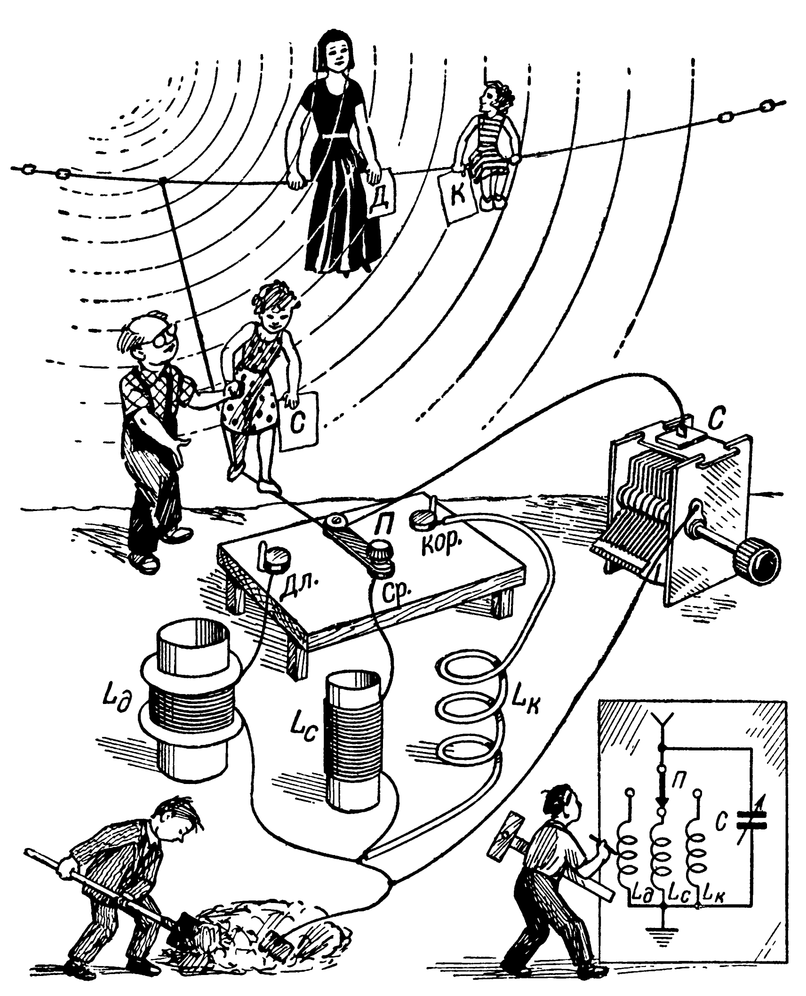
Средние волны (длины волн 1 000—100 *м* и соответственно частоты 300 *кгц* — 3 *Мгц*) днем распространяются примерно так же, как длинные. Ночью же над зем-

лей появляется особый слой ионизированного воздуха, который отражает средние волны, и поэтому ночью дальность связи на этих волнах увеличивается в несколько раз и может достигать 4 000—5 000 *км*.

Короткие радиоволны (длины волн 100—10 *м* и соответственно частоты 3—30 *Мгц*) очень сильно отражаются от ионизированных слоев воздуха. Кроме того, они хорошо отражаются и от земли. Поэтому на этих волнах возможны самые дальние связи: волна, оторвавшись от антенны передатчика, достигает ионизированного слоя воздуха, отражается от него, возвращается на землю, отражается от ее поверхности, вновь устремляется вверх к ионизированным слоям воздуха, опять возвращается на землю и т. д. Таким способом короткие радиоволны могут обогнуть весь земной шар и возвратиться обратно в район передатчика. Правда, не все короткие волны распространяются одинаково. Можно считать, что самые длинные из них — длиннее 50 *м* — лучше распространяются ночью; они похожи на средние. И наоборот, более короткие — короче 50—30 *м* — лучше распространяются днем.

Короткие волны наиболее «дальнобойные». Например, на них нередко осуществляется связь между пунктами, находящимися в противоположных точках земного шара. Но связь на коротких волнах осложнена очень неприятным явлением, выражающимся в «замирании» приема. Вызывается оно тем, что состояние ионосферы — области атмосферы, где расположены ионизированные слои воздуха, — все время меняется. Поэтому меняются и условия отражения радиоволн. Может случиться, что к приемной антенне одновременно придут несколько лучей радиоволн, отраженных от разных слоев и, следовательно, прошедших разный по длине путь от антенны передатчика до антенны приемника. Поэтому они как бы запаздывают относительно друг друга. Это приведет к уменьшению силы сигнала в антенне приемника и, следовательно, к уменьшению громкости приема.

Ультракороткие волны (длины волн короче 10 *м*) не отражаются от ионосферы и почти не огибают кривизну земного шара. Распространение их очень напоминает распространение световых волн. Поэтому связь на них возможна в пределах прямой видимости. Но, несмотря



Для приема радиоволн различных поддиапазонов в колебательный контур включают соответствующие катушки индуктивности.

на это, ультракороткие волны в настоящее время используются очень интенсивно, ибо прием на них отличается исключительной устойчивостью.

Товарищ мой помолчал, взглянул на радиоаппаратуру на столе и продолжал:

— Всеволновый радиоприемник приспособлен для приема радиоволн всех четырех видов: длинных, средних, коротких и ультракоротких. Переход с приема радиоволн одного вида (с одного поддиапазона) на другой осуществляется вот этой ручкой — ручкой переключения поддиапазонов. Ты знаешь, как работает колебательный контур?

— Знаю,— подтвердил я, вспомнив, что рассказывал мне отец об электрическом маятнике.

— Тогда ты знаешь, что для приема определенной длины волны колебательный контур должен иметь соответствующие индуктивность и емкость. Для приема длинных волн индуктивность должна быть большой, т. е. катушка индуктивности должна состоять из многих витков. При приеме средних волн индуктивность контура должна быть меньше, поэтому катушка индуктивности, предназначенная для работы в средневолновом контуре, содержит меньше витков. Для приема коротких волн требуется совсем маленькая индуктивность. Поэтому катушка индуктивности контура коротких волн состоит всего из нескольких витков толстого провода. При приеме же ультракоротких волн колебательный контур состоит из одного-двух витков толстого провода и конденсатора очень малой емкости.

Обычно один и тот же конденсатор переменной емкости работает в контурах всех диапазонов (за исключением ультракоротковолнового). Катушки же индуктивности для различных диапазонов различны. Поэтому при переходе с одного диапазона на другой к конденсатору переменной емкости специальным переключателем присоединяются соответствующие катушки. Это переключение производится, как я тебе уже говорил, вот этой ручкой — ручкой переключателя диапазонов.

«Это вторая ручка радиоприемника, о которой я узнал», — подумал я.

Зашифрованные звуки

Как много я теперь знаю о радио! Наверно — все: и о радиоволнах, и о колебательных контурах, и о ручке настройки. Знаю даже, что происходит при настройке приемника! Вот только ... как же по радио передают музыку, человеческую речь? Причем тут радиоволны, колебательные контуры, зачем они?

А как вообще передать звуки на расстояние? Так просто это не сделаешь — звуки в карман не положишь и не отвезешь в другой город.

Как же быть? Видимо для этого звуки надо преобразовать во что-то более «удобное» для транспортировки. А кто их будет перевозить? Может быть — радиоволны?

Я иногда думаю: что заставило меня сделать радиотехнику своей профессией? Я начал интересоваться ей только в последних классах школы, испытав перед этим много различных увлечений. Так почему же именно радиотехника?

Я не могу определенно ответить на этот вопрос. Но когда я задумываюсь об этом, я вспоминаю человека, которому многим обязан.

Это был необыкновенный человек, хотя он всего-навсего преподавал физику в нашем классе. Я так думаю о нем потому, что он умел необыкновенно смотреть на жизнь. Высокий, худой, еще не старый, но с совершенно седой головой, он разговаривал рокочущим басом, который иногда, в минуты задушевности, переходил в шопот. Он был одинок, жил где-то за городом, а целые дни проводил в школе.

Как удивительно рассказывал он. Он знал о чем угодно и рассказывал как-то очень доверительно, словно самому себе, и казалось, что вот-вот он скажет что-

то чрезвычайно важное, может быть сделает открытие. И этим необыкновенным умением видеть жизнь яркой, полной таинственных загадок и увлекательных поисков он помог многим из нас выбрать дорогу.

У него была любимая игра в загадки. Однажды, вскоре после моего визита к товарищу-коротковолновику, Ефим Алексеевич (так звали нашего учителя физики) предложил нам очередную игру-загадку.

— Поднимите руки, кто из вас не видел радиоприемника или не слыхал о радио, — спросил он серьезным тоном.

Мы засмеялись.

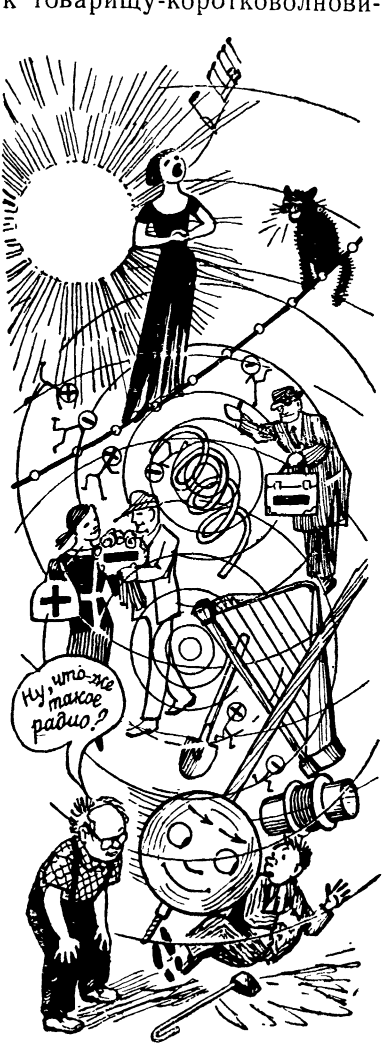
— И вы все знаете, что такое радио? — в голосе его послышалось сомнение.

— Да! — хором ответили мы.

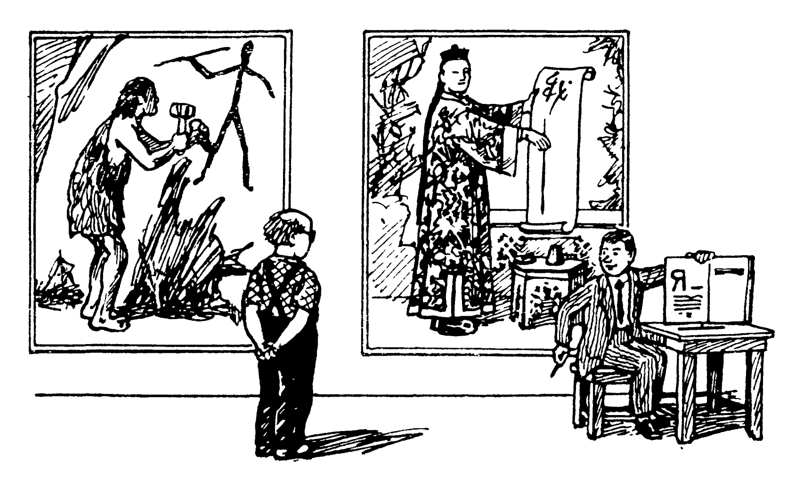
— Вот вы, — он указал на меня, — можете нам рассказать, как осуществляется радиопередача?

Конечно, я могу рассказать!

Коротко рассказал я об электромагнитных волнах, об их распространении и о том, что, встречаясь с электрическими проводниками, они возбуждают в них переменные электрические токи. Я даже рассказал, как различить токи, наводимые электромагнитными волнами различной дли-



Как же по радио передают звуки?



Так человек графически выражает мысль о самом себе.

ны и как настроить приемник на нужную радиостанцию.

— Великолепно! — вскричал Ефим Алексеевич, когда я кончил, и вдруг удивленно спросил: — А какое все это имеет отношение к передаче музыки, человеческого голоса?

Я опешил. Как какое? Ведь я рассказал о радио!

— Конечно, — подтвердил Ефим Алексеевич — но ведь по радио слушают музыку, голос, а не радиоволны и колебательные контуры.

Я уже почувствовал каверзность вопроса и лихорадочно перебирал в памяти все, что знал о радио. И вдруг мне вспомнилось выражение: «Волны радио принесли голос Москвы...». Мелькнула догадка!

— Радиоволны приносят на себе звуки..., — начал я и умолк, подумав, что не могу представить себе, как это радиоволны «несут» звуки — ведь звуки в карман не положишь.

— Правильно! — подхватил Ефим Алексеевич. — Электромагнитные волны — это носильщики, это письмоносцы. Молниеносные, всюду проникающие. На радиостанции их нагружают «полезным грузом» — музыкой, речью, а в приемнике снимают с них этот «груз». Ну, а как нагружают волны звуками?

Все молчали.

— Давайте подумаем над некоторыми очень привыч-

ными для нас явлениями, — начал Ефим Алексеевич. — Например, как мы выражаем мысли? Вы о чем-то думаете. Пока вы не заговорите о ваших мыслях, о них никто не узнает. Вы высказываете мысли словами. Вдумайтесь в это! Что такое мысли? С точки зрения биолога — это какие-то химические процессы в мозгу, которые вызывают в сознании мыслящего человека ассоциации, представления, эмоции. Но вот человек заговорил о своих мыслях. Что он сделал? Он преобразовал процессы в мозгу в звуки, определенные сочетания которых, представляющие собой речь, понятны окружающим.

Люди очень давно подметили этот замечательный процесс — преобразование. И пользовались им. Со временем научились передавать свои мысли не только звуковой речью, но и графическими знаками: появилась письменность. Сначала она была пиктографической, т. е. люди выражали свои мысли рисунками, вернее, их содержанием. Потом люди перешли к иероглифам — знакам, выражающим определенную мысль. Наконец, появилось фонетическое письмо, при котором мысль выражается определенным сочетанием букв, а сами буквы обозначают соответствующие звуки человеческой речи.

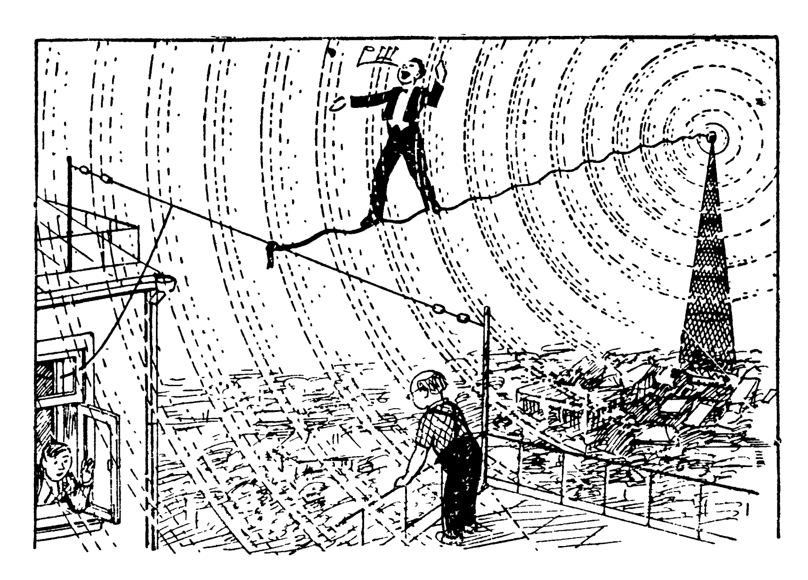
Вдумайтесь в последнее преобразование: звуки человеческой речи стали выражаться графическими знаками. Вам это что-нибудь подсказывает? — спросил нас учитель.

Мне очень хотелось догадаться, к чему клонит Ефим Алексеевич. Но какое отношение имеет письменность к радио? Впрочем, это была любимая манера нашего физика — задавать загадки.

Мы молчали.

Ефим Алексеевич продолжал:

— В девятнадцатом веке люди научились передавать электрический ток на большие расстояния, и перед изобретателями встала задача: как с помощью электрического тока передать сообщение? Было предложено много способов, но самым удачным, получившим мировое распространение, оказался способ, предложенный в 1837 г. американским художником, а впоследствии изобретателем Самуэлем Морзе. Наверно, все слышали о его своеобразной азбуке. По системе Морзе звуки человеческой речи преобразуются в определенные сочета-



Антенна приемника связана с радиостанцией радиоволнами.

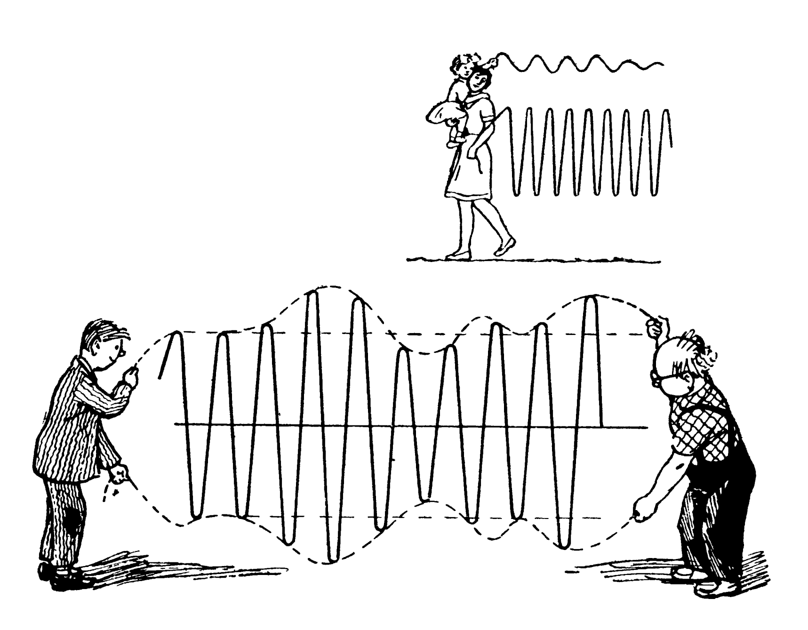
колебания электрического тока надо превратить в звуковые колебания — это осуществляется при помощи телефона.

Итак, еще до изобретения радио люди умели преобразовывать звуки в колебания электрического тока и таким способом передавать их на расстояние (этот способ назывался телефонией).

В телефонии было просто: свяжите два пункта проволокой, пропустите по ней ток, полученный от микрофона, и вы передали звуки на расстояние. А как в радио? Ведь в радио нет проволоки!

Александр Степанович Попов вместо проволоки использовал электромагнитные волны. Действительно, в чем принципиальное значение электромагнитных волн в радио? В том, чтобы передать энергию из передающего пункта в приемный. На радиостанции к антенне подводят высокочастотный ток, а в приемном пункте из антенны получают ток с той же частотой. Передающая и приемная антенны как бы связаны «проволокой» — электромагнитными волнами.

Тут я не выдержал.



Высокочастотную составляющую иногда называют высокочастотной несущей, так как она переносит низкочастотную составляющую от радиостанции к приемнику.

— Ефим Алексеевич, но ведь в антеннах ток высокочастотный, а не изменяющийся со звуковой частотой. Как же радиоволны переносят ток от микрофона?

— Не торопись! Вот если бы в передающую антенну можно было подать переменный ток от микрофона, то в приемной антенне возник бы ток звуковой частоты, пропустив который через телефон, мы бы получили звук. Тогда «проволочные» свойства радиоволн были бы очень понятны.

— А почему нельзя так сделать? Ведь переменный ток любой частоты образует электромагнитные волны.

— Теоретически это так, — подтвердил физик. — И именно так мыслил радиопередачу Герц, когда ему задали вопрос о возможности применения радиоволн для связи. Но он предвидел практические трудности осуществления подобной радиосвязи. Ведь звуки, которые слышит человек, занимают диапазон от 30 до 10 000 *гц*. Электромагнитные волны такой частоты обладают огромной длиной в сотни и тысячи километров. Чтобы

излучить и принять радиоволны такой длины, антенны должны обладать соответственно размерами в сотни и тысячи километров. Осуществимо ли это практически?

Кроме того, при такой системе радиосвязи на земном шаре может работать только одна радиостанция.

Вот поэтому Герц, хотя и не отрицал теоретическую возможность радиосвязи, но ничего не посоветовал практически. Он не догадался, что можно применить высокочастотные электромагнитные колебания в виде «проволоки» и передавать по этой «проволоке» токи звуковой частоты.

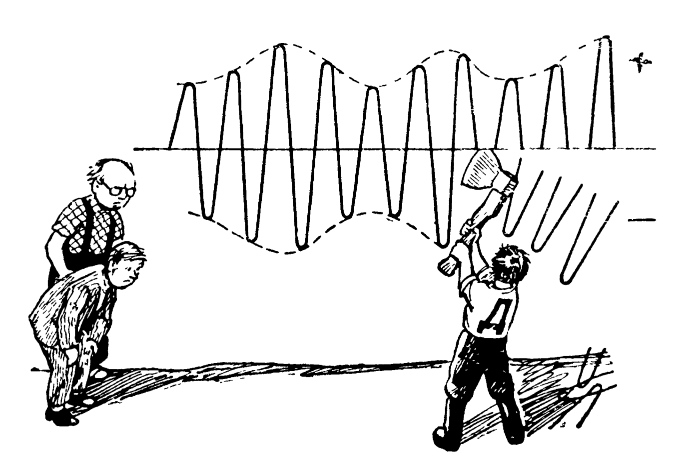
Ну, а вы догадались, как заставить высокочастотные электромагнитные колебания переносить на себе ток звуковой частоты?

Ефим Алексеевич лукаво оглядел нас.

— Собственно, что из того, что ток высокочастотный? Что из того, что он, например, 500 тысяч раз в секунду достигает максимального значения и 500 тысяч раз — минимального? Ведь он каждый раз достигает одного и того же максимального и одного и того же минимального значения, т. е. по амплитуде он постоянен? Постоянен! Изменяйте его амплитуду со звуковой частотой — и вы превратите этот ток в звуковой, несмотря на то, что он останется высокочастотным. Подайте его в передающую антенну — вы получите высокочастотное электромагнитное поле. В приемной антенне также появится высокочастотный ток, но амплитуда его будет изменяться не только с высокой частотой, но и со звуковой частотой, т. е. он будет состоять как бы из двух токов: высокочастотного и низкочастотного (тока звуковой частоты). Радиотехники говорят, что такой ток содержит высокочастотную и низкочастотную составляющие. Далее надо отделить низкочастотную составляющую от высокочастотной. Это осуществляет детектор: он выделяет низкочастотную составляющую. Остается подать ее на телефон, и мы услышим звук.

— Ефим Алексеевич, — спросил кто-то из нас, — а как детектор разделяет составляющие?

— Существуют устройства односторонней электропроводимости, способные пропускать через себя электрический ток только в одном направлении. Если пропустить через устройство с односторонней проводи-



Детектор отсекает отрицательные полупериоды.

мостью высокочастотный ток, полученный из антенны, то от этого тока останутся только положительные полупериоды, амплитуда которых изменяется со звуковой частотой.

Ефим Алексеевич подошел к доске и быстро набросал мелом рисунок.

— Заметьте, — продолжал он, — повторение полупериодов происходит с высокой частотой, много тысяч или даже миллионов раз в секунду, а амплитуда полупериодов изменяется со звуковой частотой. Это и есть две составляющие. Их надо разделить, выделив низкочастотную. Для этого придется воспользоваться их отличием друг от друга. Они различаются частотой. Значит, надо пропустить обе составляющие через фильтр, отсеивающий высокую частоту от низкой. Самым простым фильтром такого рода может служить электрический конденсатор.

Конденсатор не пропускает постоянный ток, так как его обкладки разделены изолятором. Однако переменный ток конденсатор пропускает и тем лучше, чем выше частота тока. Образно говоря, для постоянного тока конденсатор обладает бесконечно большим сопротивлением, а для переменного тока его сопротивление тем меньше, чем выше частота тока. Это и позволяет применить конденсатор в качестве фильтра для отделения



После детектора низкочастотная составляющая отделяется от высокочастотной.

низкочастотной составляющей от высокочастотной. Для этого конденсатор присоединяют параллельно телефонам (наушникам, как их называют иначе). Высокочастотная составляющая, для которой конденсатор представляет очень малое сопротивление, проходит через него мимо наушников, а низкочастотная, для которой сопротивление звуковых катушек телефонов много меньше сопротивления конденсатора, проходит через телефоны, и мы слышим звук.

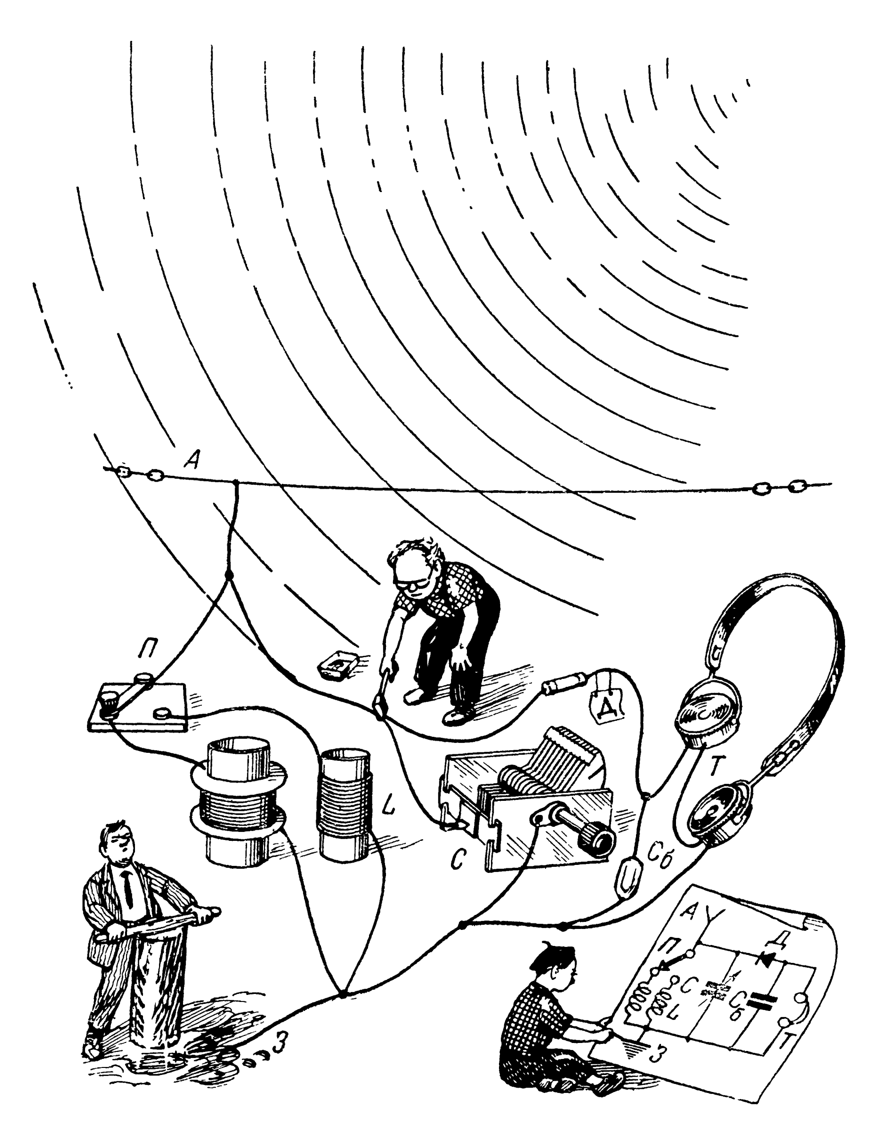
— Теперь понятно, как по радио передаются звуки? — обратился ко мне Ефим Алексеевич.

— Понятно, — улыбнулся я.

— И можете рассказать?

— Конечно!

— А ну, попробуйте. И нарисуйте, пожалуйста, на доске схему, как это происходит.



Детекторный радиоприемник.

— На радиостанции, — начал я, — перед микрофоном говорит диктор. Микрофон преобразует звуковые колебания воздуха в соответствующие колебания электрического тока. Эти колебания воздействуют на высокочастотный ток, изменяя его амплитуду в соответствии с формой звуковых колебаний.

— Этот процесс называется модуляцией высокочастотных колебаний, — вставил Ефим Алексеевич.

— Модулированный высокочастотный ток, — подхватил я,— поступает в антенну радиопередатчика и возбуждает электромагнитные волны.

Достигнув приемной антенны, эти волны вызывают появление в ней модулированного высокочастотного тока. Присоединенный к антенне колебательный контур радиоприемника, настроенный на частоту высокочастотных колебаний этого тока, выделяет его из высокочастотных токов, наводимых в приемной антенне другими радиостанциями.

Далее модулированный высокочастотный ток подводится к детектору, который отделяет от него низкочастотную составляющую, представляющую собой звуковой ток, по форме такой же, как ток от микрофона на радиостанции. Он проходит через телефон, и мы слышим голос диктора принятой радиостанции.

Ефим Алексеевич выделил из моего рисунка приемную антенну, колебательный контур, детектор и телефоны.

— А вот это принципиальная схема детекторного радиоприемника, — заключил он.

Знакомство с электроникой

Это еще зачем? До сих пор мы обходились без нее, а приемник получился самый настоящий. Можно настроиться на любую радиостанцию и слышно очень хорошо. Только тихо — приходится сидеть с наушниками. А нельзя ли погромче?

Можно. Для этого надо усилить звуковой ток, чтобы его мощность стала достаточной для работы громкоговорителя. Вот для этого-то и необходима электроника!

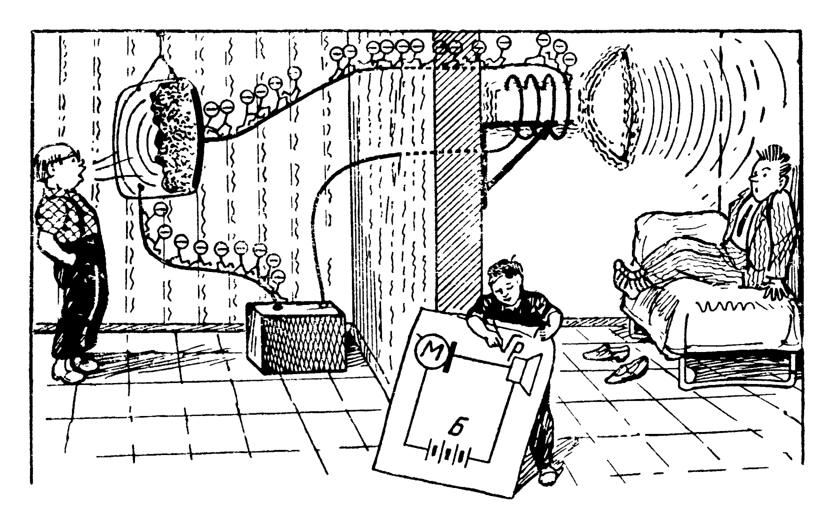
В детстве я читал книгу Уэллса «Пища богов». Изобретенная чудоковатым профессором «пища», позволявшая обычным людям стать большими и могучими, запомнилась мне. Именно о такой пище подумал я почти сразу после постройки детекторного радиоприемника.

Я был чрезвычайно горд постройкой «настоящего» приемника и всем старался нацепить наушники, чтобы они могли оценить, как чисто слышна передача. Но сидеть с наушниками скоро надоело, и как-то посоветовал мне включить вместо них громкоговоритель.

Я так и сделал, но увы — было едва-едва слышно. Слабенький ток звуковой частоты, полученный с детектора, не обладал мощностью, необходимой для работы громкоговорителя. Вот тут-то я и подумал, что хорошо было бы «накормить» эти слабенькие колебания электрического тока чем-то вроде «пищи богов».

В то время я жил недалеко от библиотеки имени В. И. Ленина и был записан в юношеский читальный зал. Здесь-то я и решил искать волшебную пищу.

Белая мраморная лестница привела меня на второй этаж, в огромный зал, стены которого, если не считать больших окон, были заняты книгами. Я был опытный



Звуки можно передать на расстояние при помощи электричества, преобразовав их в колебания электрического тока.

ния точек и тире. А точки и тире очень легко передать на расстояние с помощью электрического тока: включить ток на короткое время — точка, включить на несколько большее — тире. Видите, как несложно оказалось передать мысли на расстояние! Надо только преобразовать их во что-то такое, что можно передавать.

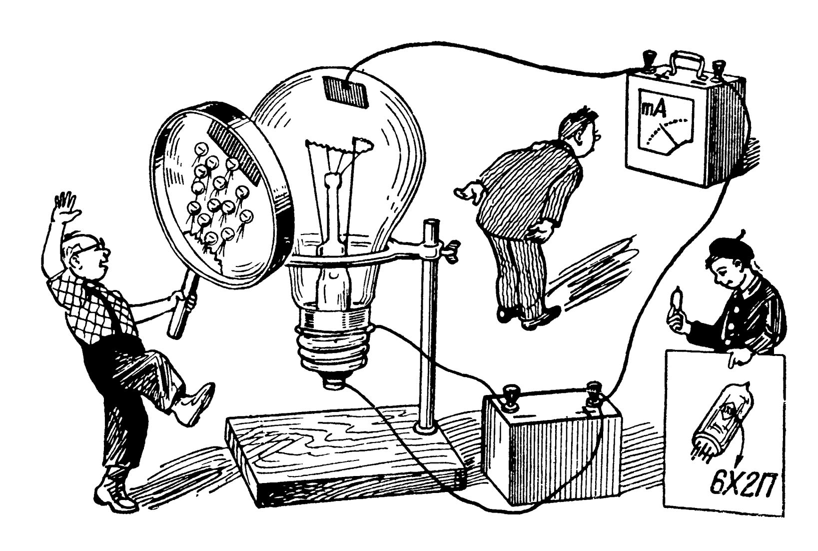
— Мысли-то, конечно, просто, — сказал кто-то из нас, — а вот музыку, звуки! Их графически не выразишь.

— Выразишь, ноты же существуют!

— Подождите, — остановил Ефим Алексеевич начинавшийся спор. — Нет смысла передавать звуки графическими знаками. Это также нелепо, как если бы художники рассказывали о своих картинах, а не показывали их на выставках. Звуки надо передавать так, чтобы их можно было слышать.

Что такое звуки? Это колебания воздуха. Конечно, колебания воздуха не передашь с помощью электрического тока. Для этого их надо превратить в колебания... электрического тока.

Такое преобразование осуществляется микрофоном. Как он работает, вы знаете. А на приемном пункте эти



Простейшая электронная радиолампа (диод).

не могла бы существовать другая. Обратиться к электронике я советую потому, что усиление электрических сигналов в радиотехнике обычно производится при помощи электронных устройств.

Библиограф подошла к систематическому каталогу, отыскала раздел «Электроника», выдвинула ящик и, перебрав несколько карточек, указала мне одну из них. На ней было написано название нужной мне книги. Я выписал из хранилища эту книгу и вот что прочел в ней.

Электроника начала свое существование со случайного открытия. В 1883 г. американский изобретатель Т. Эдисон, работая над усовершенствованием электрических ламп накаливания, обнаружил загадочное явление. Если в колбу лампы, из которой выкачан воздух, рядом с нитью накаливания поместить металлическую пластинку, соединить ее с положительным полюсом батареи и присоединить отрицательный полюс батареи к нити накаливания, то между накаленной нитью и пластинкой начнет проходить электрический ток. Для того времени это было необъяснимо. Ведь между нитью и пластинкой не было никакого проводника электричества, даже воздух был удален из колбы! Непонятно было и то, что

если поменять полярность включения батареи, прохождение тока прекращалось.

Эдисон не придал этому случайно замеченному явлению никакого значения, хотя со свойственной ему практичностью запатентовал его. Так, сам того не подозревая, он положил начало электронике.

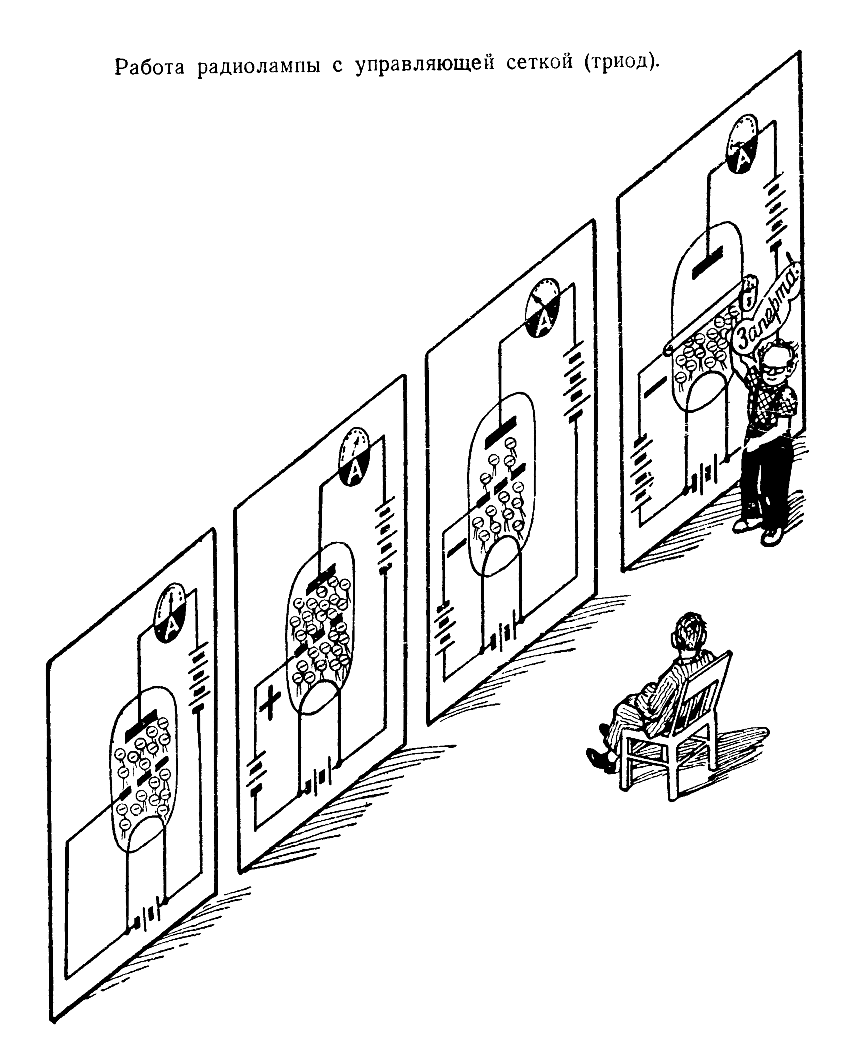
Объяснение этому странному явлению было дано позднее, когда была разработана электронная теория электричества. Все оказалось очень просто: накаленная нить лампы испускала электроны — это явление получило название электронной эмиссии, — которые притягивались положительно заряженной пластинкой. Эти-то электроны и создавали электрический ток. Естественно, что когда пластинку соединяли с отрицательным полюсом батареи, то она, будучи заряжена отрицательно, отталкивала электроны, и прохождение тока прекращалось.

Когда радиотехникам для детектирования потребовался прибор с односторонней проводимостью электрического тока, вспомнили об открытии Эдисона. Лампа с двумя электродами получила название диода. Накаливающаяся нить стала называться катодом, а пластинка — анодом.

В 1906 г. американский ученый Ли де Форест ввел между катодом и анодом металлическую сетку. Это, казалось бы, несложное усовершенствование, придало электронной лампе замечательные свойства, благодаря которым как электроника, так и радиотехника сделали гигантский скачок вперед. Электронная лампа из скромного детектора превратилась в усилитель и генератор электрических колебаний.

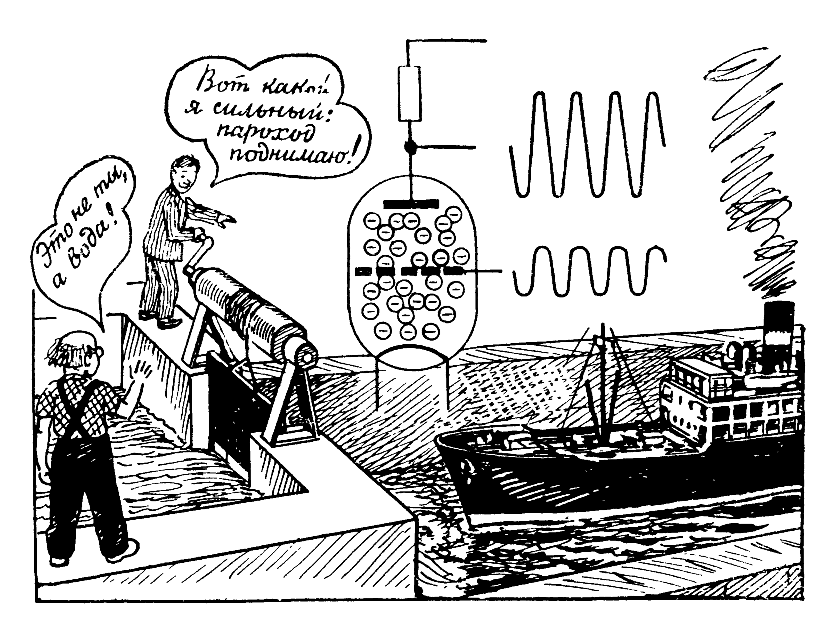
Когда катод лампы накален, он как бы окутан облаком вылетевших из него электронов. Под влиянием электрического поля положительно заряженного анода электроны начинают двигаться к аноду, создавая так называемый анодный ток лампы. Этот ток тем больше, чем больше положительное напряжение на аноде, т. е. чем сильнее его электрическое поле.

Если между катодом и анодом поместить металлическую сетку, но не подавать на нее электрического напряжения, то картина не изменится. Электроны будут свободно проходить через отверстия сетки и устремляться к аноду, так как отверстия даже самой мелкой



Работа радиолампы с управляющей сеткой (триод).

сетки колоссально велики по сравнению с размерами электронов. Однако достаточно подать на сетку электрический заряд, как вокруг нее образуется электрическое поле, и сетка будет оказывать влияние на прохождение электронов к аноду. Если сетка будет заряжена положительно по отношению к катоду, то она будет помогать аноду притягивать электроны, увеличивая тем самым анодный ток лампы. Если же сетка по отношению к ка-



Слабые электрические колебания на сетке радиолампы вызывают значительные колебания анодного тока, т. е. радиолампа усиливает колебания, поданные на ее сетку.

тоду будет заряжена отрицательно, то она будет отталкивать электроны, препятствуя прохождению их через ее отверстия, и тем самым уменьшать анодный ток лампы Таким образом, сетка управляет анодным током лампы. И замечательно то, что очень незначительное изменение напряжения на сетке значительно изменяет анодный ток лампы.

Это свойство сетки позволяет лампе усиливать электрические колебания: достаточно приложить между сеткой и катодом лампы небольшое переменное напряжение, например с амплитудой в 1 *в*, как это приведет к значительным колебаниям анодного тока лампы. Анодный ток лампы, проходя через нагрузку — сопротивление, включенное между анодом лампы и источником анодного питания, создаст на этой нагрузке падение напряжения. А так как анодный ток лампы изменяется в такт с изменениями напряжения на сетке, то величина падения напряжения на нагрузке также будет изме-

няться в такт с изменением напряжения на сетке, причем амплитуда этого изменения напряжения может составлять десятки вольт. Усиление налицо!

Появление электронной лампы окрылило радиотехнику. Способность лампы усиливать электрические колебания позволило создать «громкоговорящие» радиоприемники. Достаточно было установить после детектора усилительную лампу (ее вскоре стали называть радиолампой), как слабенькие колебания превращались в мощные, способные «раскачать» громкоговоритель. Если же приемник предназначался для приема дальних радиостанций, то он содержал несколько радиоламп: до детектора они усиливали высокочастотные модулированные колебания и после детектора — колебания низкой частоты.

В истории радиотехники началась эпоха радиоламп.

Однако вначале радиолампа была очень несовершенна и громоздка. Прошло много лет, потребовались усилия многих ученых и инженеров, прежде чем радиолампа стала достаточно совершенной. Радиолампы 20-х годов по виду не так уж отличались от обычных электрических осветительных ламп. Да и светили они почти так же, как осветительные лампы.

Шли годы, и радиолампа преображалась. Появились радиолампы, предназначенные для модуляции, генерирования, усиления высокой частоты, усиления низкой частоты, детектирования, выпрямления переменного тока и пр.

Развитие радиолампы и радиотехники шло рука об руку. Радиотехника стала осваивать очень короткие волны — так называемый диапазон сверхвысоких частот, и это потребовало создания специальных радиоламп, и лампы видоизменились применительно к новым требованиям. С помощью радиоламп оказалось возможным создать современное радиовещание, телевидение, радиолокацию, звукозапись, радионавигацию, электронные вычислительные машины, радиоастрономию. Радиолампы позволили управлять процессами в атомном ядре и полетами космических ракет. Без радиолампы сейчас не обходится ни одна наука, ни одна область техники!

Я строю ламповый радиоприемник

О чем пойдет речь в этой главе — ясно из названия. Интересно заметить, что вначале я хотел построить только ламповый усилитель низкой частоты, чтобы превратить мой детекторный приемник в громкоговорящий. Построил, и работал он отлично.

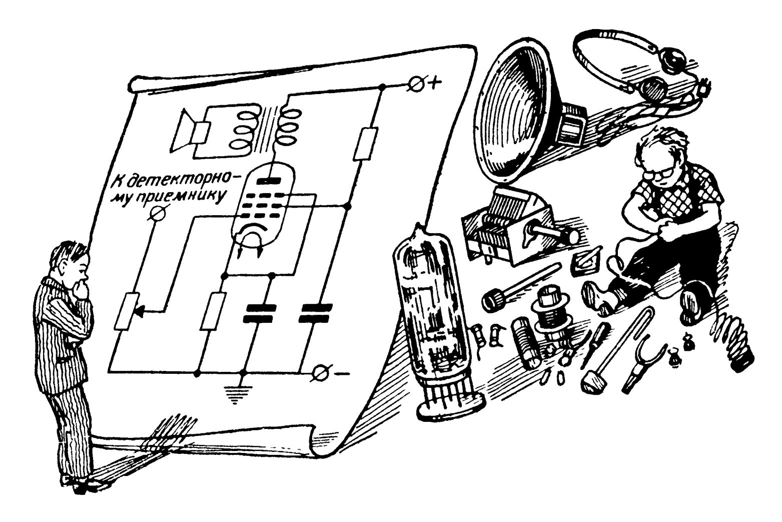
Но оказалось, что для приема дальних станций одного усиления низкой частоты недостаточно.

Вернувшись из библиотеки, я уже знал, как сделать мой детекторный приемник «громкоговорящим». Для этого надо было собрать ламповый усилитель и присоединить его к детектору вместо телефонных трубок, т. е. подать ток звуковой частоты с детектора на сетку электронной лампы. Лампа превратит слабенький ток звуковой частоты в мощные колебания анодного тока, которые будут в состоянии раскачать громкоговоритель.

Между прочим, рассматривая схему усилителя, я узнал еще об одной ручке радиоприемника — регуляторе громкости.

Громкость работы громкоговорителя зависит от размаха колебаний анодного тока, который в свою очередь зависит от величины изменения напряжения на сетке лампы. Чем больше размах, тем больше громкость. Изменяя его, можно регулировать громкость. Для этого напряжение звуковой частоты на управляющую сетку надо подать через переменное сопротивление, которое и является регулятором громкости.

Однако вскоре появились новые загадки. Я обнаружил, что изображенная на схеме лампа имеет отдельную



Усилитель с радиолампой.

нить накала, электрически изолированную от катода, а кроме управляющей сетки у нее есть еще две: одна расположена около анода и соединена с катодом, а другая, помещенная между этой новой сеткой и управляющей, через сопротивление соединена с плюсом анодного напряжения.

Пришлось снова отправиться в библиотеку.

«Лишние» сетки оказались очень нужными. Вспомните, что переменное напряжение, поданное на управляющую сетку лампы, передается в анодную цепь с усилением. Но между анодом и управляющей сеткой существует емкостная связь (назовем ее обратной). Благодаря этой связи изменения напряжения из анодной цепи передаются обратно в цепь управляющей сетки. Тут возможны два случая. Во-первых, напряжение обратной связи может увеличивать общее напряжение на управляющей сетке, если положительные и отрицательные полупериоды напряжения обратной связи и напряжения, поступающего на управляющую сетку с выхода детектора, совпадают во времени. Увеличение амплитуды напряжения на управляющей сетке вызовет увеличение амплитуды напряжения на аноде, а это в свою очередь приведет к еще большему напряжению обратной связи,

и следовательно, напряжение на управляющей сетке еще больше возрастет, и т. д. Такая обратная связь называется «положительной». Если она достаточно велика, то прогрессирующее увеличение амплитуды напряжения на управляющей сетке и аноде лампы приведет к паразитной генерации усилителя — усилитель начнет самовозбуждаться, и нормальная работа его будет нарушена.

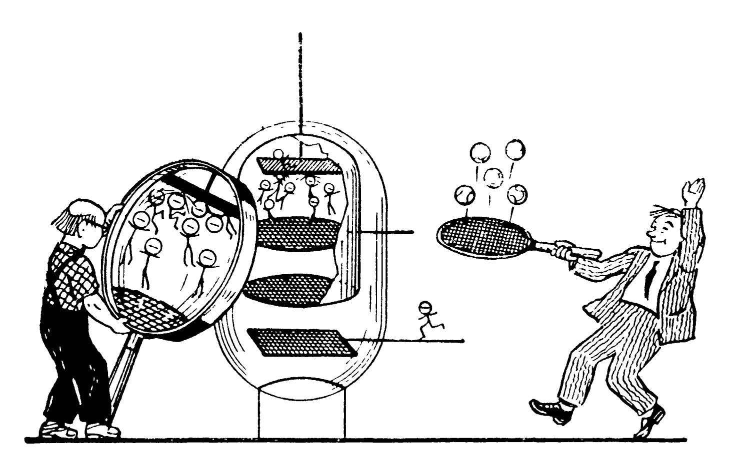
Но может случиться и так, что напряжение обратной связи будет уменьшать общее напряжение на управляющей сетке лампы. Такая обратная связь называется «отрицательной» и вызывает уменьшение усиления.

Поэтому наличие обратной связи (особенно значительной) обычно нежелательно.

Конечно, обратная связь возникает в усилителе не только благодаря емкости между анодом и управляющей сеткой. В возникновении обратной связи значительную роль играют и емкости между цепями этих электродов, между деталями, проводами и т. п. Однако при продуманном расположении деталей и проводов — при хорошем монтаже — эти емкости могут быть сделаны очень незначительными. А вот уменьшить емкость между анодом и управляющей сеткой в лампе, казалось, можно только уменьшением размеров анода и сетки и удалением их друг от друга. Но это приводит к резкому ухудшению усилительных свойств лампы и падению ее мощности, Поэтому стали искать какие-нибудь другие способы уменьшения емкости между анодом и управляющей сеткой лампы.

Оказалось, что можно значительно уменьшить емкость между этими электродами, если ввести между ними экран в виде сетки, на которую подано положительное напряжение, но меньшее по величине, чем анодное. Эта новая сетка не мешает пролету электронов к аноду, так как имеет положительный потенциал. Наоборот, она даже помогает в этом, «подтягивая» электроны. Так радиолампа обзавелась второй сеткой, названной экранирующей. Из триода она превратилась в тетрод.

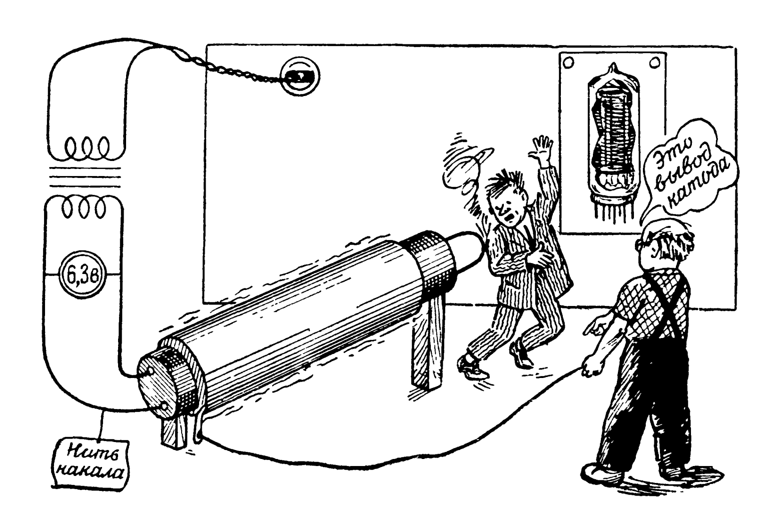
Появление же еще одной сетки — уже третьей — было вызвано необходимостью защитить лампу от так называемого динатронного эффекта: электроны, ударяющиеся в анод с большой скоростью, выбивают из него



Радиолампа с тремя сетками (пентод).

вторичные электроны, которые, отскакивая от анода, притягиваются положительно заряженной экранирующей сеткой и тем самым создают обратный электронный поток, ухудшающий работу лампы. Чтобы устранить это неприятное явление, пришлось ввести между анодом и положительно заряженной экранирующей сеткой экран, заряженный отрицательно по отношению к аноду. Такой экран отталкивает вылетающие из анода электроны обратно к аноду. Роль этого экрана выполняет третья сетка, названная защитной. Лампа же с тремя сетками называется пентод.

Наконец, наличие отдельной нити накала, электрически изолированной от катода, объяснилось очень просто. В радиоприемниках, питаемых от сети переменного тока, питание накала ламп производится этим же током, напряжение которого понижено при помощи трансформатора до нескольких вольт. Но так как ток переменный, то в соответствии с его изменением изменяется и температура накала нити. Если нить будет служить и катодом, то одновременно с изменением температуры нити будет изменяться и число вылетающих из нее электронов. Поэтому анодный ток лампы будет также изменяться с частотой переменного тока и в громкоговорителе возникнет гудение. Чтобы избежать этого, нить



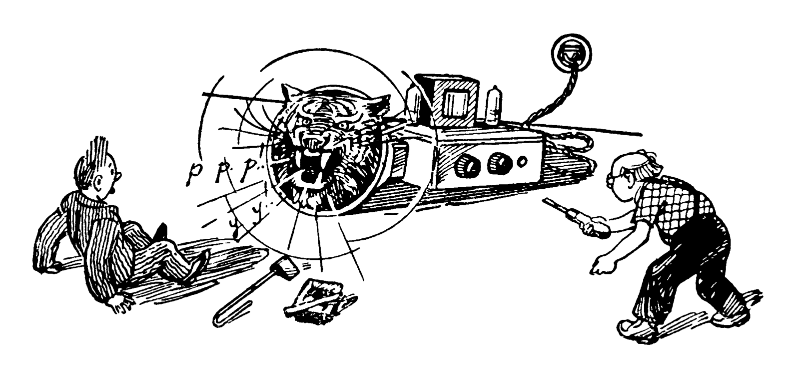
Устройство подогревного катода.

накала изолируют от катода. В этом случае нить только подогревает массивный катод, и благодаря его значительной тепловой энерции изменение температуры нити не сказывается на количестве вылетающих электронов.

Разобравшись в схеме, я приступил к постройке усилителя. Помню, это было трудным делом. Оказалось, что радиолюбитель должен быть и слесарем, и столяром, и электромонтажником, должен уметь сделать из листа металла шасси, выполнять ювелирную по тонкости и точности работу при намотке катушек индуктивности, решать головоломки, находя наиболее удобное и правильное расположение деталей на шасси, да еще со вкусом подобрать форму ящика, оклеить его фанерой и отполировать. Ну, а главное — он должен быть радистом, т. е. знать радиотехнику. Передо мной тогда лежал тернистый путь!

Но, не ведая этого, я отправился в магазин закупать нужные радиодетали.

Неделя упорного труда и ворчания матери по поводу того, что весь дом пропах канифолью, завершилась созданием громоздкого сооружения, которое при первом же включении страшно завыло и захрюкало. Сколько я ни



При значительных обратных связях усилитель начинает генерировать (самовозбуждаться).

бился, ничего членораздельного из громкоговорителя услышать не удавалось. Я начал было серьезно подумывать оставить эту затею, когда отец напомнил мне о самовозбуждении. Помните, я рассказывал о положительной обратной связи? Видимо, в моем усилителе она была слишком большой, и он самовозбуждался.

Пришлось перемонтировать усилитель, расположив детали на шасси более продуманно. В первую очередь я постарался разнести подальше друг от друга анодные и сеточные цепи — ведь связи между ними особенно опасны. Для этого я тщательно просмотрел весь монтаж и так повернул ламповую панельку, чтобы провода, идущие к ее лепесткам, были как можно короче и пересекались под прямым углом, а сеточные и анодные провода расходились в разные стороны. Где можно, я вообще избавился от проводов, припаяв выводы сопротивлений и конденсаторов непосредственно к лепесткам панели. Соединения между деталями схемы я теперь старался производить по кратчайшей линии, убедившись на горьком опыте, что красивый монтаж «под угольник», при котором провода изгибаются под прямым углом и идут параллельно друг другу, никуда не годится. Наконец, если в одной точке соединялись несколько проводов или выводов деталей, то, чтобы такая точка не висела в воздухе и не создавала замыканий при тряске и ударах, я прикреплял ее к специальной монтажной стойке — лепестку, установленному на шасси и изолированному от него.

Чтобы уменьшить фон переменного тока, я удалил трансформатор электропитания от усилительной лампы.

И все же я чуть было не забыл самого главного: провод, идущий от управляющей сетки лампы к регулятору громкости, надо обязательно экранировать — надеть на него металлический «чулок» и хорошенько припаять этот «чулок» к шасси в нескольких местах.

Можно представить мою радость, когда я включил усилитель, и из громкоговорителя вместо грохота и визга послышалось лишь легкое гудение — обычный фон переменного тока. Еще не веря в чудо, которое сейчас должно произойти, я присоединил вход усилителя к детектору приемника, повернул ручку настройки — и комната наполнилась задумчивыми звуками «Баркароллы» Чайковского.

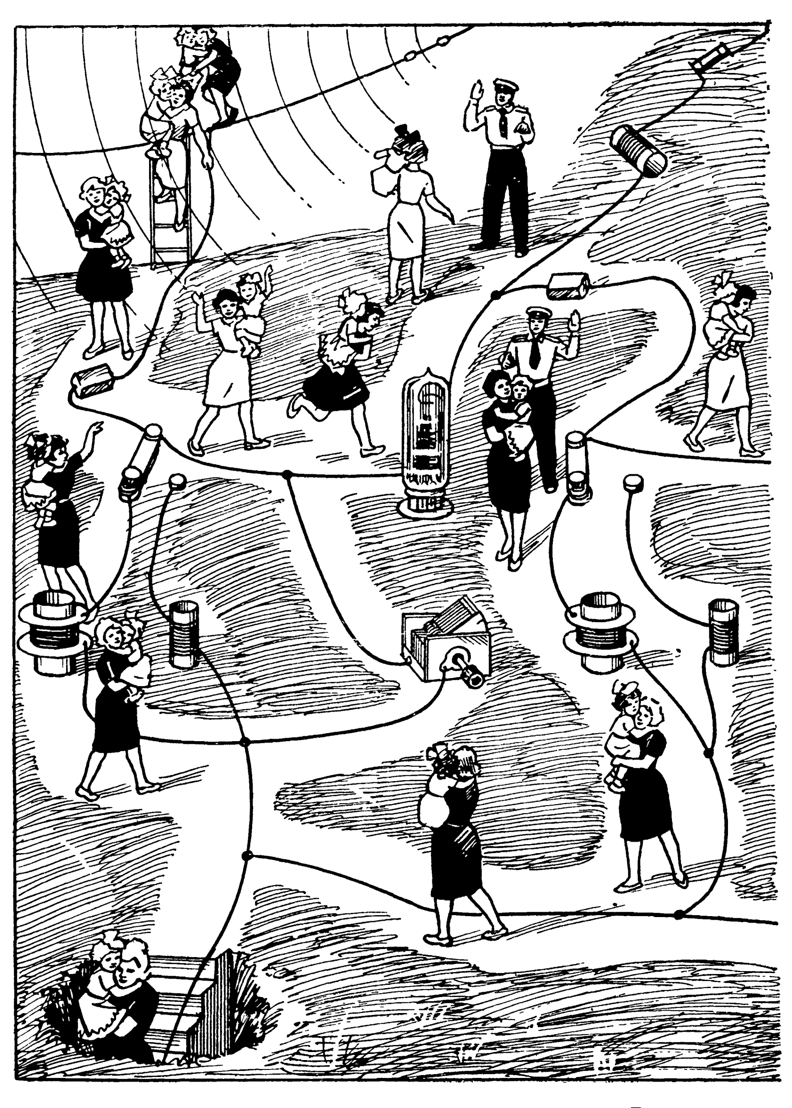
Я был в восторге! Конечно, потом мне пришлось много повозиться с усилителем, подбирая наиболее правильный режим работы лампы, добиваясь громкого и чистого звучания, но успех окрылил меня, и работа не тяготила, а наоборот, превратилась в увлекательные поиски. Изменяя какое-либо сопротивление или конденсатор, я вначале гадал, как это отразится на работе усилителя. Но вскоре я освоился с его схемой, представлял взаимодействие отдельных участков и точно знал, что и как влияет на ее работу.

Однако ограничиться приемом местных станций мне не хотелось. Вечерами я устанавливал регулятор громкости на максимум и начинал медленно вращать ручку настройки приемника, прислушиваясь к потрескиванию в громкоговорителе. Иногда мне удавалось услышать какую-нибудь дальнюю радиостанцию. Но передача ее бывала едва слышна, да и это случалось не часто.

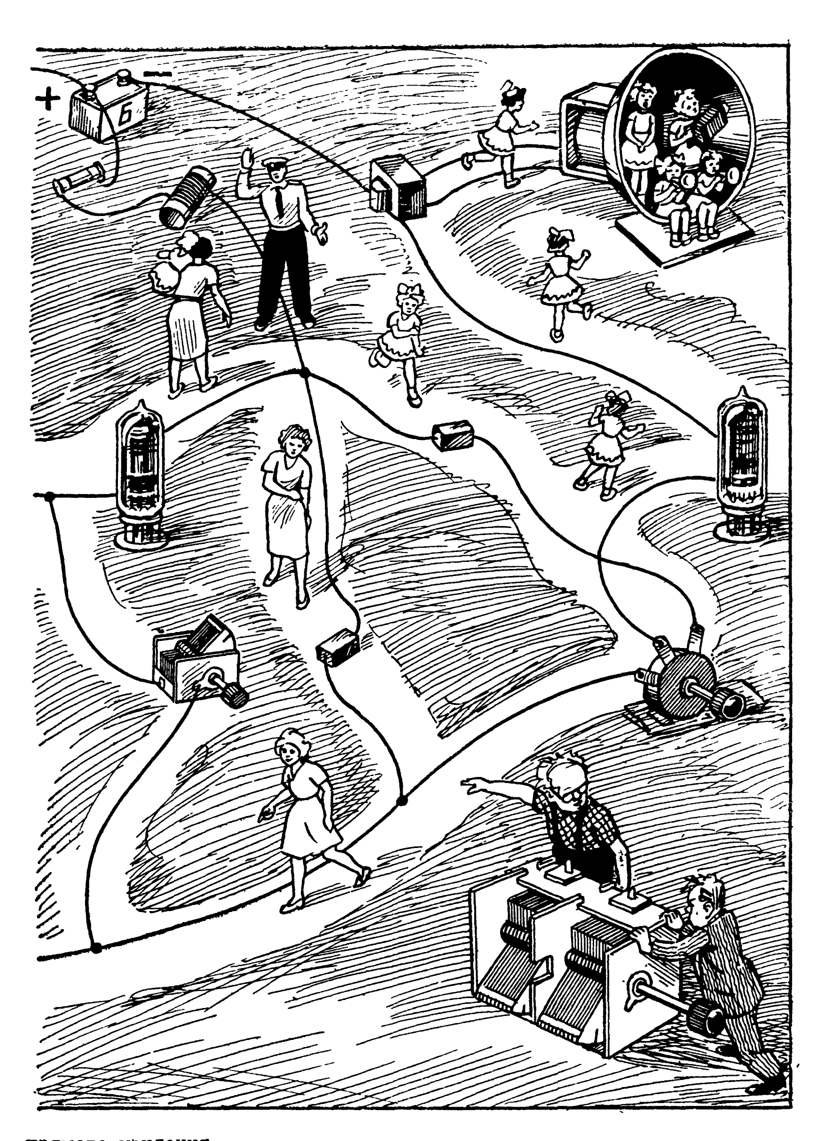
Попробовал я было установить большую антенну, полагая, что чем длиннее антенна, тем сильнее в ней сигнал. Это оказалось верным, но все же я не получил большого увеличения громкости.

Дело шло к тому, чтобы заменить детекторный приемник ламповым. Отец мой, видимо, это понимал и поддержал просьбу о финансировании. Мать вздохнула и выделила мне средства.

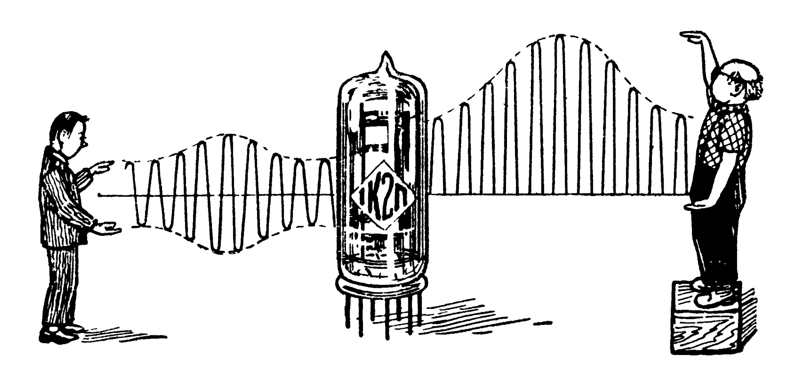
Я рассуждал следующим образом: если усилитель низкой частоты не в силах увеличить громкость приема дальних станций, значит необходим усилитель высокой частоты — для усиления высокочастотного модулированного сигнала, поступающего непосредственно из антен-



Радиоприемник



прямого усиления.



Радиолампа с управляющей сеткой может работать в качестве детектора, причем одновременно с детектированием происходит и усиление колебаний.

ны. Кроме того, надо было заменить кристаллический детектор более чувствительным ламповым, причем это было заманчиво еще и потому, что ламповый детектор не только детектирует, но и усиливает сигнал. Для этого надо так подобрать режим работы лампы, чтобы при положительном напряжении высокочастотного модулированного сигнала на ее сетке (положительные полупериоды) лампа была открыта, а при отрицательных полупериодах — лампа запиралась. Тогда ток в анодной цепи лампы примет форму детектированного высокочастотного модулированного сигнала, но его амплитуда будет много больше амплитуды сигнала на управляющей сетке детекторной лампы.

Итак, мой приемник должен был состоять из трех каскадов: усилителя высокой частоты, детектора, являющегося одновременно и дополнительным усилителем высокой частоты, и усилителя низкой (звуковой) частоты. Его схема на предыдущей странице. Из антенны высокочастотные сигналы радиостанций поступают в колебательный контур, установленный на входе усилителя высокой частоты. Переключатель диапазонов выбирает соответствующую катушку индуктивности и присоединяет ее к конденсатору настройки.

Выбранный контуром высокочастотный сигнал поступает на управляющую сетку лампы усилителя высокой частоты, а затем уже с большей амплитудой попадает в ее анодную цепь.

В анодную цепь лампы включен высокочастотный дроссель, иначе говоря — катушка индуктивности. Такая катушка для высокочастотного сигнала представляет очень большое сопротивление, поэтому сигнал не может пройти через катушку в цепь анодного питания, а свернет через конденсатор к колебательному контуру в цепи управляющей сетки детекторной лампы.

Этот колебательный контур совершенно аналогичен колебательному контуру в цепи управляющей сетки лампы усилителя высокой частоты. При настройке на радиостанцию оба эти контура должны настраиваться на одну и ту же частоту. Для удобства такой настройки конденсаторы переменной емкости этих контуров объединены на одной оси. Включают же колебательный контур в цепи управляющей сетки детекторной лампы для того, чтобы он отфильтровал сигналы других радиостанций, которые все же сумели пройти колебательный контур на входе усилителя высокой частоты, т. е. его включают для улучшения избирательности приемника.

На выходе детектора появляется низкочастотный сигнал, который поступает на управляющую сетку лампы усилителя низкой частоты, а после усиления — на громкоговоритель.

Как я узнал позднее, приемник, собранный по такой схеме, носит название приемника прямого усиления.

5—613

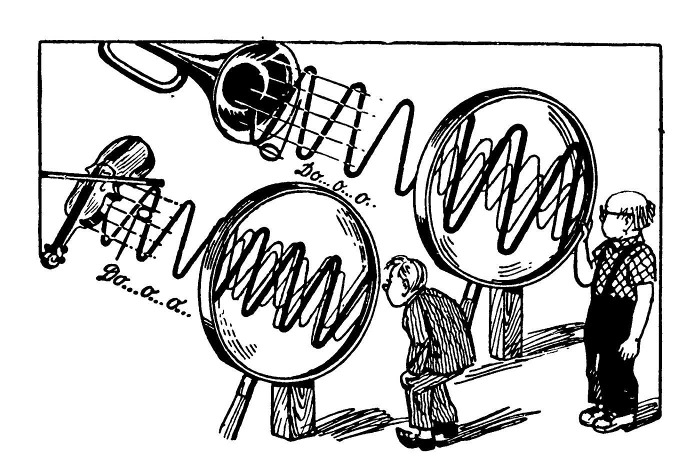
Радиоприемник, который нельзя улучшить

Если бы мне кто-нибудь сказал, что мой великолепный ламповый приемник имеет массу недостатков — я бы не поверил! И все же — вскоре я сам обнаружил у него недостатки, и крупные! Попробовал устранить их, улучшить приемник — ничего не получилось! В чем дело?

Возни с постройкой приемника было, конечно, куда больше, чем с усилителем, особенно когда дело дошло до налаживания. Но всему приходит конец — наступил день, когда приемник был готов.

Работал он хорошо. Вечерами я наслаждался, «вылавливая» самые дальние радиостанции. Когда все ложились спать, я отключал громкоговоритель, надевал наушники и просиживал возле радиоприемника многие часы. В комнате было темно, и мне казалось, что я остаюсь наедине с целым миром. Он звучал у меня в наушниках, и, вслушиваясь в незнакомую речь, в обрывки бравурных мелодий или в торжественные, страшно далекие удары колокола, я видел за освещенной шкалой большие странные города, темно-зеленые тропические леса и безбрежные просторы океанов. Это был мир, знакомый по книгам и учебнику географии и вместе с тем таинственный, словно мир чужой планеты.

Но когда новизна впечатлений прошла, я заметил, что приемник работает далеко не так хорошо, как этого хотелось бы. Прием многих дальних станций сопровождался свистами, хрипами, иногда одновременно были слышны две радиостанции, причем настроиться на них раздельно не удавалось. Были и другие неприятные яв-



Большинство звуков состоит из множества частот. Частота с наибольшей амплитудой определяет высоту (тон) звука, а остальные частоты — окраску звука, его тембр.

ления, в основном они сводились к искажению звучания радиопередачи.

И странное дело — тщательное налаживание почти не привело к улучшению работы приемника! Провозившись несколько дней, я понял, что одной регулировкой приемника ничего не добьешься. Видимо, причина появления искажений была в чем-то другом. Может быть в самом принципе радиоприема?

Я начал рассуждать. Чем, собственно, определяется качество радиоприема? Прежде всего — естественностью звучания радиопередачи. А какое звучание будет восприниматься как естественное? Очевидно, то, которое близко напоминает натуральное, т. е. содержит все звуки, присущие человеческому голосу или музыкальному инструменту, причем особенно важную роль играют так называемые обертоны, создающие звуковую окраску — тембр голоса или музыкального инструмента. Изменение окраски звука воспринимается ухом как искажение звучания.

Если разложить звук человеческого голоса или музыкального инструмента на составляющие его частоты — получить его частотный спектр, то окажется, что кроме основной частоты, определяющей высоту звука, звуча-

ние человеческого голоса или музыкального инструмента состоит из множества частот, самых различных по амплитуде, хотя и меньших амплитуды основной частоты. Это и есть обертоны, определяющие окраску звука. Поэтому, чтобы звучание было естественным, громкоговоритель радиоприемника должен обеспечить воспроизведение всех этих частот.

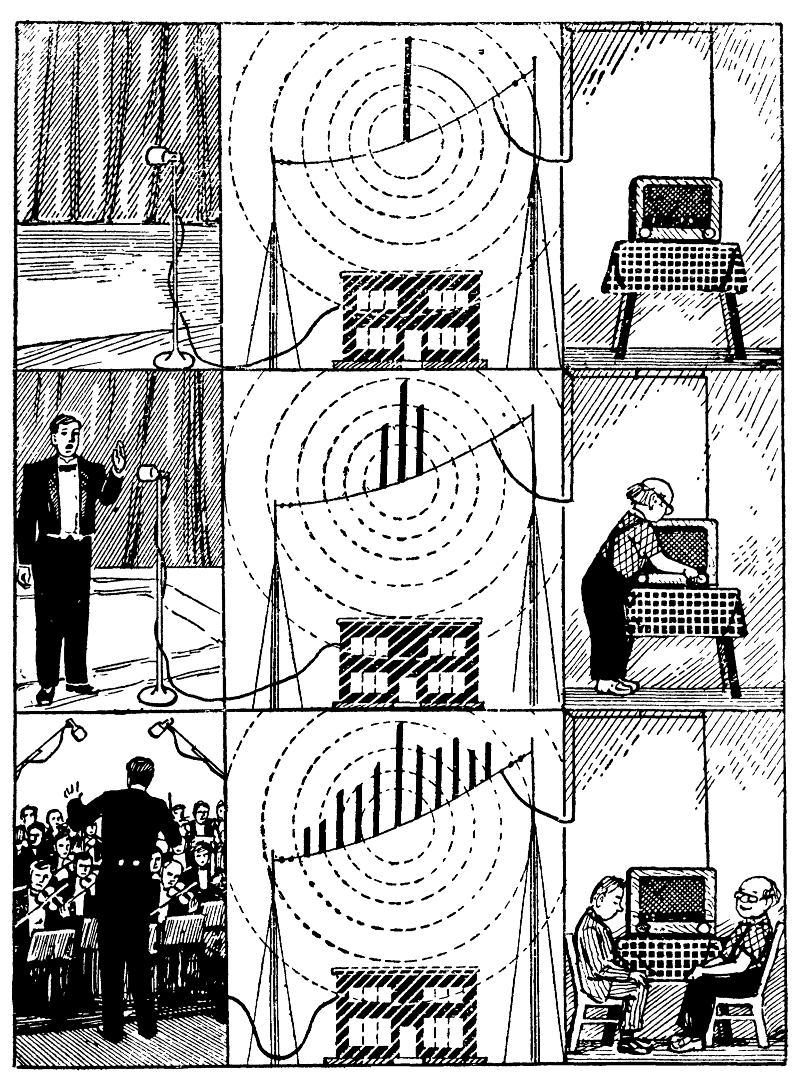
Но для этого все составляющие частоты должны находиться в модулированном высокочастотном сигнале и без искажений пройти через весь приемник — от антенны до громкоговорителя.

Предположим, что радиоспециалисты обеспечили совершенно неискаженную модуляцию высокочастотного тока. В модулированном высокочастотном сигнале содержатся все частотные составляющие звучания симфонического оркестра (такое предположение недалеко от истины, ибо современные радиостанции могут обеспечить высококачественную радиопередачу; поэтому будем считать, что естественность радиопередачи зависит только от радиоприемника).

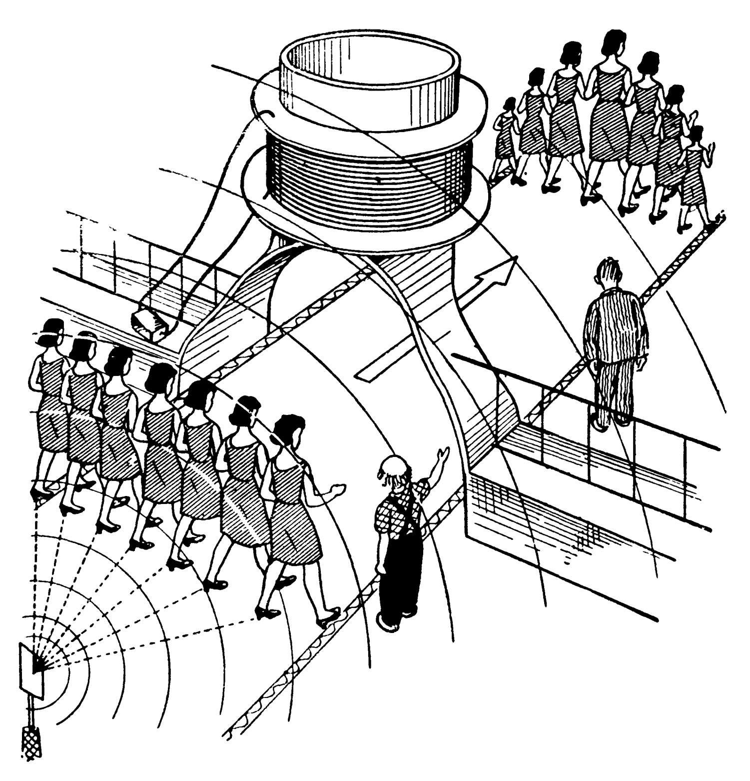
Здесь я должен признаться, что, рассказывая о «зашифрованных звуках», сознательно очень упростил принцип амплитудной модуляции. Дело в том, что при модуляции высокочастотного тока (так называемой высокочастотной несущей) током звуковой частоты не только изменяется амплитуда высокочастотного тока, а появляются две новые «боковые» частоты: одна выше несущей на частоту тока звуковой частоты, а другая ниже на эту же частоту. Например, если несущая 100 *кгц*, а частота модуляции 1 *кгц*, то появляются две боковые частоты 101 и 99 *кгц*. Но так как при передаче звучания симфонического оркестра надо передать весь спектр звуковых колебаний, слышимый ухом, т. е. примерно от 30 до 10 000 *гц*, то это значит, что радиостанция во время такой передачи будет излучать не одну несущую частоту 100 *кгц*, а целый спектр частот от 90 до 110 *кгц*.

Аналогично и при детектировании: после детектора появятся колебания с частотами от 30 до 10 000 *гц* в том случае, если к детектору подведены высокочастотные колебания соответствующего спектра частот.

Следовательно, радиоприемник должен пропустить не одну частоту, а целый спектр частот, т. е. он должен обладать определенной полосой пропускания.



При модуляции образуется спектр частот, поэтому радиостанция излучает не одну, а много частот.



Колебательный контур не может пропустить одинаково все частоты.

Но позвольте, — подумал я, — это же очень плохо! Ведь если колебательные контуры радиоприемника будут пропускать не одну частоту, а целый спектр частот, то как же они отличат частоты нужной радиостанции от частот других радиостанций? Правда, этой беде можно помочь: частоты разных радиостанций должны отстоять друг от друга более чем на 10 *кгц*. Тогда частоты других радиостанций не попадут в радиоприемник.

Но хуже другое! Весь спектр частот должен проходить через радиоприемник без искажений, т. е. радиоприемник должен усиливать их одинаково, не ослабляя их амплитуды относительно друг друга. В противном случае возникнут искажения, так как изменится окраска звука.

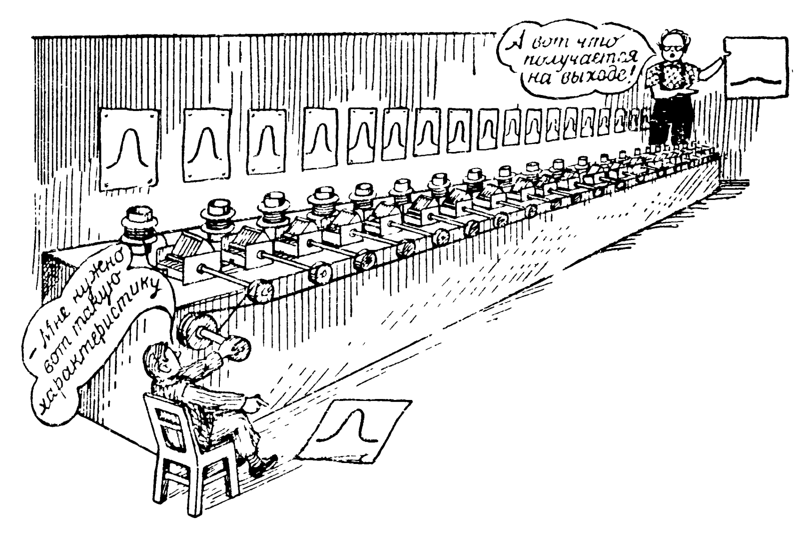
Я припомнил, как работает колебательный контур. На основную (резонансную) частоту он реагирует с наибольшей силой, а на другие частоты все слабее и слабее. Поэтому крайние составляющие пройдут через колебательный контур ослабленными и, следовательно, воспроизведение передачи окажется искаженным. Значит, принципиально нельзя равномерно пропустить через колебательный контур все составляющие модулированного сигнала!

Но ведь можно уменьшить искажения, расширив полосу пропускания контуров, сделать их менее чувствительными к частоте. Тогда амплитуды крайних составляющих частот будут менее ослаблены по сравнению со средними частотами и искажения воспроизведения передачи уменьшатся. Однако с увеличением полосы пропускания контуров они начнут пропускать частоты других радиостанций!

Таким образом, я пришел к ошеломляющему выводу: требование высокого качества воспроизведения и хорошей избирательности — взаимно противоположны! Радиоприемник не может удовлетворить сразу оба требования. Он может обеспечить хорошую, «острую» настройку, исключающую прослушивание соседних по частоте радиостанций, но тогда качество звучания будет невысоким. И наоборот, радиоприемник может обеспечить хорошее качество звучания, но тогда он не сможет устранить помехи от соседних радиостанций.

Я решил с точки зрения этих двух требований рассмотреть принцип работы моего радиоприемника прямого усиления. Может быть удастся как-нибудь улучшить его работу, усовершенствовать его?

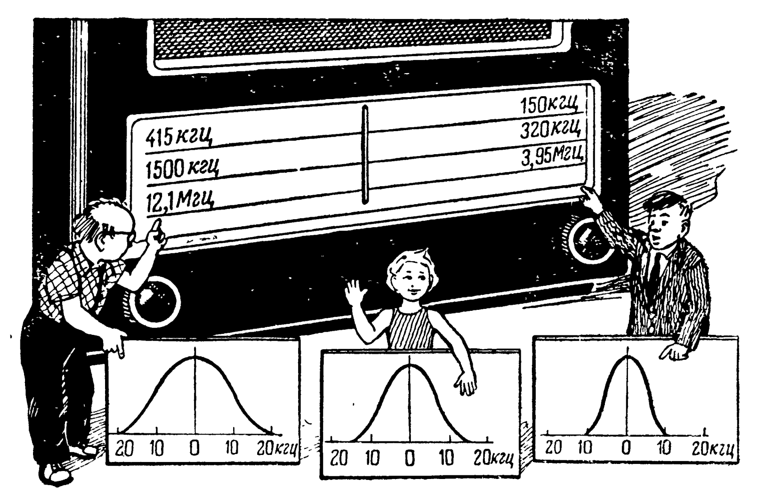
Как сделать, чтобы радиоприемник прямого усиления обладал хорошей избирательностью, т. е. обеспечивал хорошую отстройку от соседних по частоте радиостанций? Очевидно, что для этого нужно на пути модулированного сигнала к детектору поставить как можно больше настраиваемых на частоту сигнала колебательных контуров. Каждый настроенный колебательный контур представляет собой фильтр для частот, отличающихся от резонансной. Чем больше таких фильтров, тем значительнее будут ослаблены сигналы соседних по частоте радиостанций и тем выше будет избирательность приемника.



Большое число колебательных контуров в приемнике трудно настроить одной ручкой на одну и ту же частоту. В результате полоса пропускания приемника расширяется, а усиление уменьшается.

При перестройке приемника на другую радиостанцию все колебательные контуры придется перестраивать. Однако выполнить большое число колебательных контуров с совершенно одинаковыми параметрами очень трудно. Поэтому при перестройке контуров одной ручкой блока конденсаторов переменной емкости настройка контуров неизбежно «расходится». В результате полоса пропускания увеличивается, а следовательно, ухудшается избирательность приемника. Кроме того, при этом уменьшается и усиление приемника — его чувствительность к сигналам в приемной антенне. Ведь колебания в контуре имеют наибольшую амплитуду на резонансной частоте. Поэтому если резонансная частота контура сдвинута относительно частоты сигнала, то контур реагирует на его колебания несравненно слабее, чем если бы резонансная частота совпадала с частотой сигнала. Следовательно, приемник меньше усиливает сигнал, чем мог бы это сделать при точной настройке всех контуров.

Но предположим идеальный случай: удалось так точно изготовить колебательные контуры, что при пере-



В пределах поддиапазона полоса пропускания изменяется.

стройке все они настраиваются на одну и ту же частоту. Все равно, это не спасет положение!

Дело в том, что полоса пропускания контура зависит от частоты, на которой он работает, причем чем выше частота, тем шире полоса пропускания. Более высокочастотные колебания как бы лучше «протискиваются» через колебательный контур. Поэтому при перестройке колебательного контура на более высокие частоты полоса пропускания его расширяется, а при перестройке на более низкие сужается. Если в середине диапазона все обстоит благополучно — ширина пропускания выбрана такой, что обеспечено достаточно естественное воспроизведение радиопередачи, а помехи со стороны других радиостанций незначительны, то на высокочастотном конце диапазона полоса пропускания станет слишком большой и помехи от других радиостанций сделаются очень заметными. Наоборот, на более длинных волнах полоса пропускания сузится настолько, что ухудшится естественность воспроизведения радиопередачи.

Таким образом, радиоприемник прямого усиления принципиально не может обеспечить высокую и постоянную избирательность в сочетании с хорошей естественностью воспроизведения радиопередачи!



Большое число усилительных каскадов обязательно приводит к самовозбуждению приемника.

А как насчет чувствительности, т. е. способности радиоприемника принимать слабые сигналы? Может быть, мне удастся значительно увеличить чувствительность моего приемника и принимать еще более дальние радиостанции?

Чувствительность приемника тем выше, чем большим усилением он обладает, включая усиление всех его каскадов. Но будет более точно, если говорить не вообще об усилении приемника, а только об усилении по высокой частоте. Это потому, что для нормальной работы детектора высокочастотный модулированный сигнал на его входе должен быть достаточен по амплитуде. Если амплитуда сигнала мала, то детектор будет работать плохо и качество воспроизведения радиопередачи будет невысоким. Поэтому чувствительность приемника прямого усиления определяется усилителем высокой частоты. Именно этот усилитель должен создать на входе детектора достаточное напряжение высокочастотного сигнала.

Очевидно, что усиление его тем выше, чем больше он содержит каскадов. Но нельзя забывать, что между соседними каскадами возникают паразитные связи, приводящие к самовозбуждению и искажению работы усилителя. И я на опыте убедился, что невозможно сконструировать усилитель высокой частоты с большим числом каскадов.

Вот и еще один крупный недостаток приемника прямого усиления: чувствительность его не может быть большой.

Я был удручен! Мой прекрасный приемник, в который я вложил столько труда, был наделен такими принципиальными недостатками, которые делали невозможным его совершенствование! Видимо, чтобы радиоприемник обладал высокой чувствительностью, хорошей избирательностью и одновременно достаточной естественностью воспроизведения радиопередачи, он должен работать по какому-то другому принципу, чем приемник прямого усиления.

Радиоприемник с промежуточной частотой

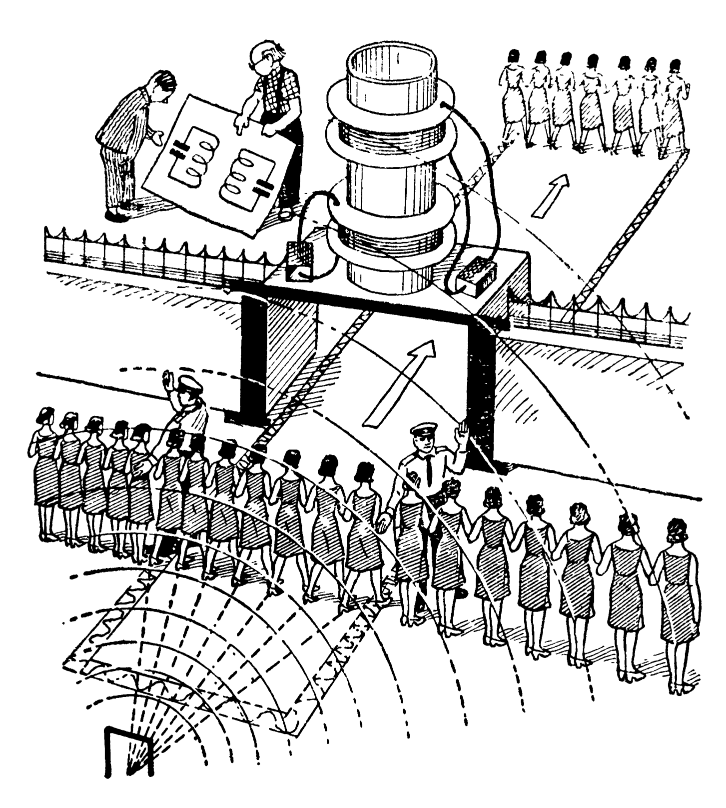
Пришлось подумать и почитать. Видимо выход в том, чтобы примирить непримиримое: хорошую частотную избирательность с достаточной полосой пропускания. Да, это трудная задача! И разрешима ли?

Разрешима. Но только приемник получится куда более сложным, нежели мой приемник прямого усиления. Он будет именно «непрямого» усиления, потому что усиление в нем будет происходить не на частоте радиостанции, а на особой частотной ступеньке — промежуточной частоте.

Снова в путь, в библиотеку. По дороге я размышлял: для получения естественности воспроизведения необходимо, чтобы приемник обладал достаточной полосой пропускания; для получения же хорошей избирательности его колебательные контуры не должны пропускать частоты соседних радистанций. Как же примирить эти требования?

Принципиально очень просто: приемник должен иметь П-образную полосу пропускания, т. е. он должен равномерно пропускать определенную полосу частот, необходимую для получения естественного воспроизведения радиопередачи, и совершенно не пропускать частоты радиостанций, расположенных за пределами этой полосы. А как это технически выполнить?

Где-то я читал, что если два связанных колебательных контура настроить на одну и ту же частоту и соответствующим образом подобрать связь между ними, то полоса пропускания такой системы контуров будет очень похожа на П-образную.



Связанные колебательные контуры, настроенные на одну и ту же частоту (полосовой фильтр), имеют П-образную полосу пропускания.

А что, если в усилитель высокой частоты включить такие системы контуров? Тогда его полоса пропускания будет как раз такой, какая мне нужна.

Мысль была блестящей! Я уже был готов вернуться домой, чтобы на практике проверить ее, но вспомнил, что при перестройке приемника придется перестраивать и эти системы контуров (такие системы называются полосовыми фильтрами, так как они пропускают только строго определенную полосу частот). А я знал, как трудно обеспечить точную настройку на одну и ту же частоту хотя бы двух или трех контуров одновременно. Что же говорить о точной настройке на одну и ту же частоту одновременно четырех или шести контуров! — Ведь

каждый полосовой фильтр состоит из двух контуров. Да потом, с изменением частоты будет изменяться и полоса пропускания полосового фильтра!

Нет, включить полосовые фильтры в усилитель высокой частоты приемника прямого усиления не удастся. Однако мысль о полосовых фильтрах очень мне понравилась. Как же их все-таки применить?

Я задумался.

Полосовые фильтры можно применить только в усилителе, который работает всегда на одной и той же частоте. Но как же тогда принимать различные радиостанции?

Вот если бы можно было каким-нибудь искусственным образом изменять частоту принятой радиостанции, переводя ее в определенную частоту, одну и ту же для всех радиостанций! Тогда можно было бы сигналы любых радиостанций усиливать на одной и той же частоте при помощи усилителя с полосовыми фильтрами. Полоса пропускания такого усилителя была бы П-образной, по ширине достаточной для получения естественного воспроизведения, а все лишние частоты были бы отсеяны.

Но как изменить частоту принятой радиостанции?

Вообще-то эта задача не такая уж сложная. Например, если смешать частоту принимаемой радиостанции с какой-либо другой частотой, то в результате появится новая частота, равная разности этих частот. С подобным процессом я уже сталкивался, когда читал о модуляции.

Трудность в другом. Частоты разных радиостанций придется по-разному изменять, т. е. изменять таким образом, чтобы вне зависимости от частоты принимаемой радиостанции на вход усилителя с полосовыми фильтрами подавалась всегда одна и та же частота.

Вот это сложная задача! Но если бы ее можно было разрешить, то приемник, созданный по такой схеме, обладал бы великолепными возможностями. Действительно, его полоса пропускания была бы П-образной и он обладал бы большой чувствительностью, так как усиление принимаемого высокочастотного сигнала осуществлялось бы двумя усилителями на разных частотах — на частоте сигнала обычным усилителем высокой частоты, а затем усилителем с полосовыми фильтрами на частоте этого усилителя. Так как частоты, на которых ра-

ботают усилители, различны, то усилители не будут влиять друг на друга, и опасность возникновения самовозбуждения будет устранена.

И тут я смутно припомнил, что когда-то читал в учебнике о подобной системе радиоприема. Но тогда она показалась мне очень сложной, и, занятый мыслями о приемнике прямого усиления, я не пытался разобраться в ней.

Я помчался в библиотеку. Получив учебник, я перелистал его и...

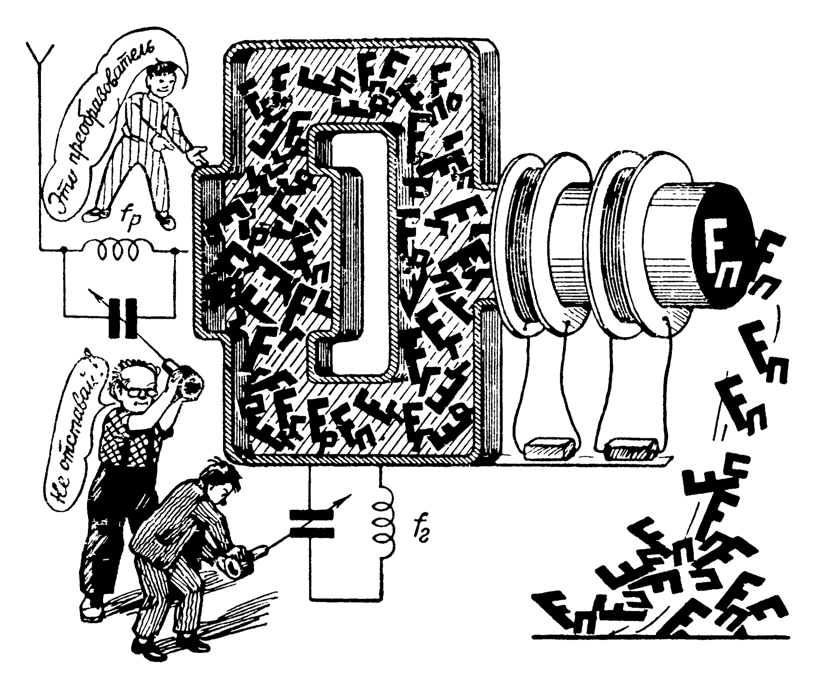
Конечно, вот такой способ приема. Он существует и называется супергетеродинным. Он был практически осуществлен во второй половине 30-х годов, когда недостатки, присущие приемникам прямого усиления, стали сдерживать развитие радиосвязи. Сейчас подавляющее большинство радиоприемников работает по системе супергетеродина.

А вот и принципиальная схема супергетеродинного приемника. Входные цепи и усилитель высокой частоты ничем не отличаются от подобной части приемника прямого усиления. За усилителем высокой частоты расположен преобразователь...

Что это такое? Может быть это именно то устройство, которое переводит частоту принимаемой радиостанции в частоту, на которой работает усилитель с полосовыми фильтрами (кстати, эта частота называется промежуточной, а усилитель — усилителем промежуточной частоты)? Так и есть, потому-то это устройство и носит название преобразователя.

Преобразование частоты сигнала принимаемой радиостанции происходит следующим образом. На одну из сеток лампы преобразователя поступает высокочастотный сигнал от усилителя высокой частоты. На другую сетку этой же лампы поступают колебания от специального высокочастотного генератора, имеющегося в приемнике. Такой генератор называется гетеродином. Частота колебаний гетеродина выше частоты принимаемого сигнала радиостанции. Обе сетки лампы одновременно воздействуют на ток анода, поэтому в цепи анода происходит смешение колебаний и образуются колебания разностной частоты, равной промежуточной частоте приемника.

Но в анодной цепи лампы преобразователя возни-



Чтобы применить в радиоприемнике усилитель с полосовыми фильтрами, частоту радиостанций надо преобразовать в частоту, на которую настроены эти фильтры.

кают не только колебания промежуточной частоты. Наоборот, все частоты, которые присутствуют на сетке лампы преобразователя, соединенной с усилителем высокой частоты, образуют с частотой гетеродина разностную частоту. Поэтому на выходе лампы преобразователя присутствуют все частоты, образованные в результате модуляции высокочастотной несущей на радиостанции. Только теперь они изменили частоту и располагаются по обе стороны от промежуточной.

Если бы перед преобразователем не стоял усилитель высокой частоты и антенна была присоединена непосредственно к сетке лампы преобразователя, то в анодной цепи лампы образовались бы разностные частоты (с частотой гетеродина) всех высокочастотных колебаний, присутствующих в антенне, так как не сказывалась бы полоса пропускания контуров усилителя высокой ча-

стоты. Однако это не помешало бы работе приемника, ибо в анодную цепь лампы преобразователя включен полосовой фильтр. Этот фильтр пропустит на управляющую сетку лампы усилителя промежуточной частоты только те частоты, которые лежат в пределах его полосы пропускания, т. е. только преобразованную в промежуточную несущую частоту принимаемой радиостанции с ее модуляционными частотами.

Далее эта полоса частот будет усилена лампой усилителя промежуточной частоты, пройдет второй полосовой фильтр, который отфильтрует те «чужие» частоты, которые может быть сумеют пройти через первый фильтр, а затем (если усилитель промежуточной частоты однокаскадный) вступит в работу детектор.

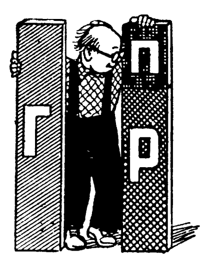
Выделенные детектором звуковые колебания будут усилены усилителем низкой частоты и поданы на громкоговоритель.

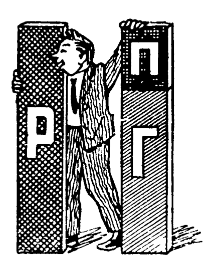
— А как же перестроиться на другую радиостанцию? — подумал я.

Для этого надо изменить частоту гетеродина приемника. Тогда частота уже другой радиостанции образует с частотой гетеродина разностную частоту, равную промежуточной, и передача этой станции будет воспроизведена громкоговорителем.

Настройка супергетеродинного приемника определяется настройкой контура гетеродина: изменяется настройка этого контура, изменяется частота гетеродина, изменяется и настройка приемника.

Правда, это в том случае, если антенна присоединена непосредственно к сетке лампы преобразователя. В действительности этого нельзя делать, и вот почему. Разностную частоту, равную промежуточной, образуют с колебаниями гетеродина не только те колебания из антенны, частота которых ниже частоты гетеродина, но и те, частоты которых выше частоты гетеродина. В первом случае из частоты гетеродина вычитается частота радиостанции и получается промежуточная частота, а во втором случае из частоты радиостанции вычитается частота гетеродина и тоже получается промежуточная частота. Полученные промежуточные частоты от двух радиостанций пройдут через усилитель промежуточной частоты, и в громкоговорителе будут слышны одновременно передачи двух радиостанций!





В смесителе образуется промежуточная частота при двух значениях частоты принимаемой радиостанции: ниже частоты гетеродина на величину промежуточной частоты и выше частоты гетеродина на величину промежуточной частоты.

Прием радиостанции, частота которой выше частоты гетеродина, носит название приема по «зеркальному каналу». А так как прием одновременно двух радиостанций вряд ли доставляет удовольствие, то от приема по зеркальному каналу надо избавиться. Это можно сделать, включив перед преобразователем колебательный контур, настроенный на частоту принимаемой радиостанции. Контур пропустит на вход преобразователя только частоты нужной радиостанции, и прием по зеркальному каналу будет исключен. Очевидно, что ту же роль будут выполнять и контуры усилителя высокой частоты, если он необходим для получения нужной чувствительности приемника.

Однако в этом случае при перестройке приемника потребуется перестраивать не только контур гетеродина, но и контуры, включенные перед преобразователем. Поэтому перестройка всех контуров должна производиться одной ручкой, т. е. конденсаторы переменной емкости всех контуров должны быть объединены на одной оси.

Соперник радиолампы

Вы слышали о карманных приемниках? А знаете почему их удается сделать такими маленькими и экономичными?

Вы говорите, что это благодаря удачному монтажу и миниатюрным деталям — нет, дело в другом. Они получаются такими потому, что в них нет... Впрочем, об этом надо поговорить подробнее.

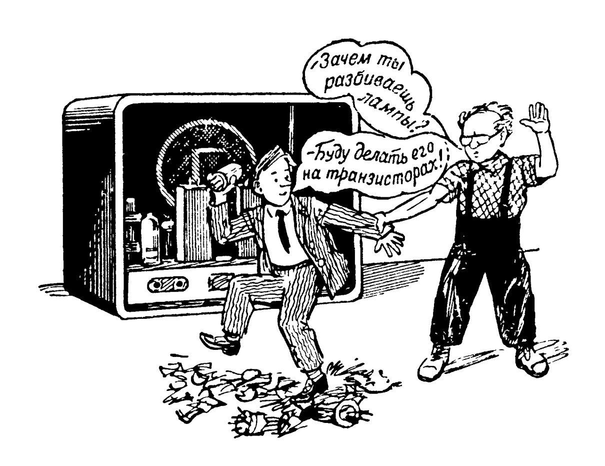
Пожалуй. в предыдущей главе можно было кончить рассказ о радиоприемнике. Ведь я уже ответил на вопрос того мальчика, который однажды пришел ко мне в гости, повертел ручки радиоприемника и спросил:

— А что там сделалось?

Но мне хочется написать еще несколько страниц и рассказать о том, почему радиотехника решила отказаться от... радиоламп.

Странно, не правда ли? Трудно представить, например, приемник без радиолампп. Но такие приемники уже существуют — легкие, маленькие, требующие для питания всего-навсего одну-две батарейки от карманного фонарика.

Не надо думать, что это какие-нибудь особые приемники, работающие на совершенно иных принципах, чем те, о которых я вам рассказывал. Карманные радиоприемники ничем принципиально не отличаются от обычных «настольных». Они также работают либо по системе прямого усиления, либо по системе супергетеродина. В них также есть усилители, колебательные контуры, ручки настройки и громкости, преобразователи частоты и полосовые фильтры. Их отличие от больших радиоприемников только в том, что в них нет радиоламп.



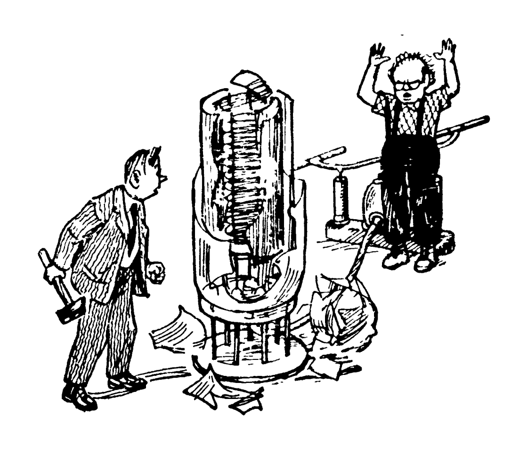
В карманном приемнике нет радиоламп.

Люди любят ставить памятники. Их ставят ученым, политическим деятелям, искусным мастерам. Говорят, где-то в Альпах стоит памятник даже собакам в благодарность за спасенные в горах человеческие жизни.

Я бы поставил памятник радиолампе — маленькому приборчику, открывшему человечеству неведомые дали Вселенной, обеспечившему победы в науке, культуре и технике. Лишите современную жизнь радио во всех его проявлениях, и вы поймете, как много сделала для нас маленькая радиолампа.

Но люди не только не поставили радиолампе памятника, а наоборот, делают все возможное, чтобы освободиться от радиолампы, забыть о ней!

Правда, радиолампа сама виновата в этом. Совершенствуясь, она, увы, не становилась проще. Обрастая сетками и дополнительными электродами и одновременно уменьшаясь в размерах, радиолампа превратилась в чрезвычайно сложный для изготовления прибор. Если бы показать современную радиолампу средневековым ювелирам — великолепным мастерам филигранных и миниатюрных работ, те только покачали бы головами. Но ювелиры затрачивают годы на изготовление одной вещицы, а человечество нуждается в миллиардах ламп в год. И хотя современные методы изготовления намного совершеннее методов средневековых ювелиров, все равно:



Современная радиолампа чрезвычайно сложна

чрезвычайная сложность радиолампы — это очень большой ее недостаток.

Однако это еще не все! Радиоаппаратам, в которых работают радиолампы, поручают ответственнейшие задания. Им поручены человеческие жизни, точнейшие расчеты, а учитывая насыщенность современной военной техники радиоэлектронными приборами, от надежности работы радиоламп могут зависеть судьбы государств. Радиолампы должны быть долговечны и абсолютно надежны в работе. А этого-то и нельзя сказать о них. Жизнь радиолампы коротка — всего несколько сотен часов. Это связано с наличием в ней накаливающегося катода, который через определенное время теряет способность испускать электроны. Кроме того, нить накаливания может перегореть. А как много эта нить расходует электроэнергии!

А механическая прочность радиолампы, способность ее выдерживать удары, тряску, перегрузки? Снимите колбу радиолампы: вы увидите переплетение тончайших спиралек, маленькие хрупкие цилиндры, подвешенные на миниатюрных стеклянных или слюдяных стойках. Достаточно какой-нибудь из этих спиралек чуть-чуть сдвинуться с места — и радиолампа вышла из строя. Разве может такая очень изящная конструкция выдержать удар, резкое сотрясение? И прибавьте, что все эти спи-

ральки и цилиндрики должны находиться в очень хорошем вакууме!

Вот почему радиотехники не склонны особенно восхищаться радиолампами.

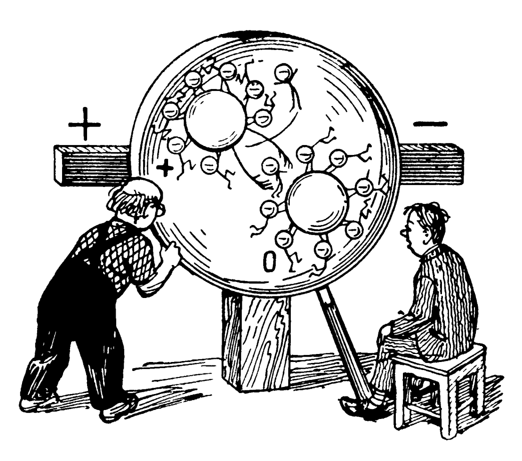
В 20-х годах нашего столетия было сделано открытие, которое уже тогда всполошило радиоспециалистов. В Нижегородской радиолаборатории — этой колыбели советской радиотехники — О. В. Лосев изготовил кристаллический прибор, который, как и радиолампа, мог усиливать и генерировать электрические колебания. В короткий срок были разработаны схемы радиоприемников на открытых Лосевым кристаллах, так называемые «кристадины Лосева». Однако научной теории электронной природы кристаллов в то время не существовало. Совершенствование изобретения Лосева требовало накопления научных знаний, а в это время вакуумная техника быстро развивалась, электронная лампа набирала силы, и об открытых Лосевым свойствах кристаллов вскоре забыли.

Шло время. Наука о строении вещества сделала огромные успехи. Люди познали законы, управляющие движением электронов в веществе, поняли, почему одни вещества хорошо проводят электрический ток, а другие плохо, научились подчинять свойства материи своей воле. Совокупность этих знаний, а также настойчивые напоминания радиотехников о недостатках радиоламп привели к тому, что в конце 40-х годов свойство некоторых кристаллов усиливать и генерировать электрические колебания вновь привлекло внимание ученых и изобретателей.

И вот в 1948 г. американцы Д. Бардин и В. Брайттен изготавливают усилительный кристаллический прибор, так называемый полупроводниковый триод, или транзистор. Проходит еще несколько лет, и уже никто не сомневается, что полупроводникам предстоит большое будущее.

Как же усиливает кристалл? Чем он так выгодно отличается от радиолампы?

С точки зрения современной физики электрический ток представляет собой поток свободных электронов, т. е. электронов, не связанных с атомами. В проводниках таких свободных электронов очень много. При приложении к проводнику электрического напряжения свободные



Атом, потерявший электрон, превращается в положительно заряженную „дырку" и стремится захватить недостающий электрон у соседнего атома.

электроны проводника образуют электрический ток. Поэтому электрическое сопротивление проводника мало. В диэлектриках же, наоборот, свободных электронов почти нет, все электроны жестко связаны с атомами, и чтобы вырвать их у атомов и создать движение электронов в диэлектрике, требуется приложить очень большое электрическое напряжение. Поэтому электрическое сопротивление диэлектриков велико.

Однако есть вещества, например, германий, кремний, которые не похожи ни на проводники, ни на диэлектрики, вернее, они одновременно являются и тем и другим. Их называют полупроводниками. Большинство электронов в полупроводниках жестко связано с атомами, но все же в них есть электроны, которые при некотором внешнем воздействии высвобождаются из-под власти атомов, причем характерно, что высвобождаются не только носители отрицательного электричества — электроны, но и носители положительного электричества — так называемые «дырки». Если к полупроводнику приложено электрическое напряжение, то электроны начинают двигаться к положительному полюсу напряжения, а «дырки», наоборот, — отрицательному. В полупроводнике образуется два тока: электронный и «дырочный».

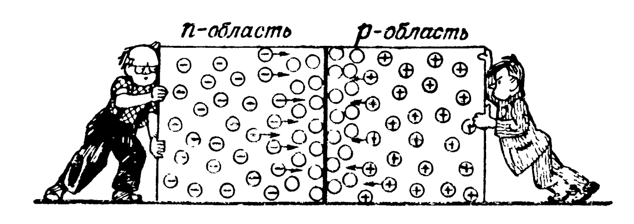
Не надо думать, что «дырочный» ток — это движущиеся электрически положительно заряженные атомы, потерявшие электроны. Действительно, «дырка» — это атом, потерявший электрон. Однако атомы в полупроводниках неподвижны. Они образуют кристаллическую решетку и очень прочно держатся на своих местах. Но атом, потерявший электрон, захватывает электрон соседнего атома и перестает быть «дыркой». Соседний атом, отдав ему свой электрон и превратившись в «дырку», в свою очередь захватывает электрон у другого атома и т. д. Поэтому, хотя атомы и остаются на своих местах, «дырки» передвигаются, причем в направлении, противоположном движению электронов.

Если к полупроводнику не приложено электрическое напряжение, то перемещение свободных электронов и «дырок» беспорядочно. Однако они стремятся равномерно распределиться по объему полупроводника. Это их стремление, характерное вообще для всех частиц материи, носит название диффузии.

Но поскольку в полупроводнике существуют раздельно носители отрицательного электричества — электроны и носители положительного электричества — «дырки», то они не могут долго существовать. Действительно, достаточно свободному электрону наткнуться на нуждающийся в электроне атом («дырку»), как он будет захвачен. При этом одновременно исчезнет и свободный электрон и «дырка». Такую встречу физики называют рекомбинацией.

Так вот, используя особенности полупроводникового кристалла — наличие носителей отрицательного и положительного электричества, диффузию и рекомбинацию, оказалось возможным создать кристаллический прибор, способный усиливать электрические колебания.

Изобретение полупроводникового усилителя прибора началось с того, что оказалось возможным построить кристаллические решетки одного и того же полупроводника с различной электрической проводимостью: либо с ярко выраженной электронной проводимостью и подавленной дырочной, либо наоборот. Для этого надо в кристаллическую решетку вместо отдельных атомов полупроводника вставить атомы другого вещества. Если эти атомы будут иметь больше электронов, чем атомы полупроводника, то они отдадут их в виде свободных



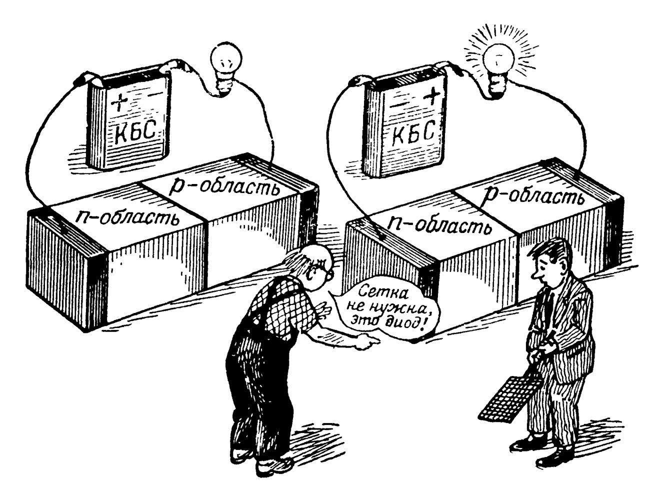
Если соединить полупроводники с решетками различных типов, то начнется диффузия носителей электричества.

электронов, и такая решетка будет обладать выраженной электронной проводимостью (так называемая решетка *n*-типа). Наоборот, если у инородных атомов электронов будет меньше, чем у атомов полупроводника, то они будут стремиться захватить электроны у соседних атомов, образовывая тем самым «дырки», и такая решетка будет обладать выраженной дырочной проводимостью (решетка *p*-типа).

Возьмем теперь полупроводники с решетками различных типов и соединим их. Тогда немедленно начнется диффузия электронов из полупроводника *n*-типа в полупроводник *p*-типа и, наоборот, «дырок» в полупроводник *n*-типа. В результате на границе между областями — в так называемом *n-p*-переходе — благодаря рекомбинации электронов с «дырками» образуется лишенная зарядов зона (запорный слой), и дальнейший переход носителей электричества через *n-p*-переход практически прекращается.

Если теперь приложить к составленному из *n-p*-областей полупроводнику внешнее напряжение, причем таким образом, чтобы положительный полюс батареи был присоединен к *n*-области, а отрицательный полюс к *p*-области, то возникшее электрическое поле будет способствовать оттеканию электронов и «дырок» *n* и *p*-областей от запорного слоя. Тем самым переход носителей электричества через границу совершенно прекратится, т. е. его электрическое сопротивление будет очень велико. Заметим, что такое включение полупроводника называется обратным.

Если же полупроводник включить наоборот, т. е. положительную *n*-область подключить к отрицательному полюсу батареи, а *p*-область присоединить к положительному полюсу батареи, то образовавшееся электри-



При подключении полупроводникового диода *n*-областью к положительному полюсу батареи ток через *n*—*p*-переход не проходит (обратное включение), а при подключении *n*-области к отрицательному полюсу батареи (прямое включение) через полупроводниковый диод проходит ток.

ческое поле будет способствовать притеканию «дырок» и электронов к запорному слою, и через границу вновь начнется переход носителей электричества — через полупроводник пойдет электрический ток. Такое включение полупроводника называется прямым.

Вероятно вы уже заметили, что подобный полупроводник может быть использован вместо двухэлектродной лампы — диода, — например, для детектирования, так как он обладает односторонней проводимостью. Совершенно верно: сейчас германиевые диоды получили очень большое распространение

Ну, а как же насчет усиления?

Вы помните, что вначале была изобретена двухэлектродная лампа, и лишь потом в нее ввели сетку, превратившую прибор односторонней проводимости в усилительный прибор. Какая же «сетка» требуется кристаллическому диоду, чтобы он превратился в усилительный прибор?

С полупроводниками несколько сложнее. Полупроводниковый триод — транзистор — работает на ином принципе, чем ламповый триод.

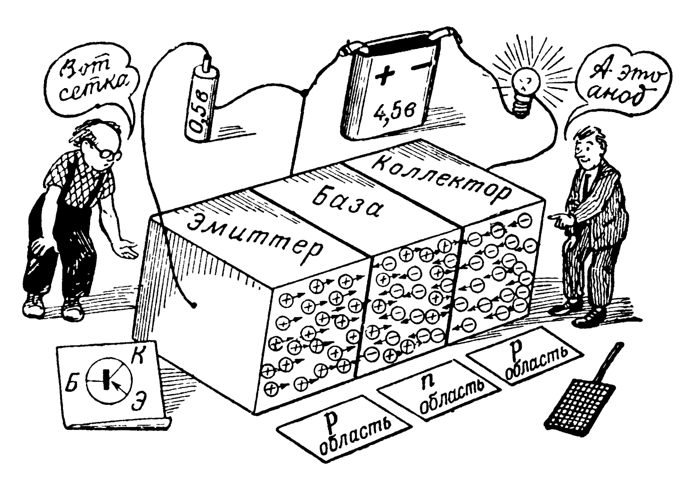
Транзистор состоит из трех слоев полупроводников с различной проводимостью: крайние — с дырочной, а между ними — так называемая база — с электронной проводимостью. Схематично такая система записывается *р—п—р*. Таким образом, транзистор имеет два перехода *р—п* и *п—р*. Переход *р—п* включается в прямом направлении, т. е. минус батареи к *п*-области (к базе), а плюс к *р*-области, называемой в этом случае эмиттером. Поэтому через этот переход проходит электрический ток.

Переход *п—р* включается в обратном направлении, т. е. плюс батареи к базе, а минус к *р*-области, называемой коллектором. Поэтому ток через коллекторный переход не должен проходить. Но на самом деле это не так.

Так как эмиттерный переход включен в прямом направлении, через него проходит ток, т. е. «дырки» из области эмиттера переходят в базу и, наоборот, электроны из базы переходят в эмиттер. Однако полупроводники, из которых изготовлены эмиттер и база, подобраны так, что концентрация «дырок» в эмиттере много больше концентрации электронов в базе. Поэтому не все ««дырки», перешедшие в базу, рекомбинируют с электронами базы. Эмиттер как бы насыщает базу «дырками», впрыскивает их в нее, и «дырки» благодаря диффузии начинают перемещаться в те области базы, которые прилегают к коллектору.

Но, как вы помните, к коллекторному переходу приложено обратное напряжение, причем довольно значительное по величине (до десятка вольт, в то время как эмиттерное напряжение составляет доли вольта). Поэтому положительные «дырки», подходя к коллекторному переходу, испытывают действие сильного ускоряющего поля, переходят в коллектор и рекомбинируют с электронами, приходящими в коллектор из отрицательного полюса батареи питания. В результате через коллекторный переход проходит электрический ток, несмотря на то, что к нему приложено обратное напряжение.

Но самое замечательное, что величина коллекторного тока зависит от величины тока эмиттера! Действительно, чем больше ток через эмиттерный переход, т. е. чем больше «дырок» «впрыскивает» эмиттер в базу, тем больше ток коллектора, который зависит от количества этих «дырок». Поэтому, управляя эмиттерным током, можно тем самым управлять и коллекторным током.



Принцип работы транзистора.

Теперь можно провести аналогию между транзистором и электронной лампой. В лампе током анода управляет сетка, а в транзисторе током коллектора управляет эмиттер. В лампе незначительное изменение напряжения на сетке вызывало значительное изменение напряжения на аноде лампы, в транзисторе незначительное изменение тока эмиттера в цепи с низким напряжением (доли вольта) вызывает, по существу, такое же изменение тока коллектора в цепи с высоким напряжением (до десятка и даже больше вольт) — усиление мощности налицо!

Вот каков соперник электронной лампы! Он очень прост по конструкции, практически вечен в работе, прочен и чрезвычайно мал по размерам.

Между прочим, последнее очень важно. Чем больше радиотехника проникает в технику, науку и быт людей, тем актуальнее становятся проблемы уменьшения размеров и веса радиоаппаратов, а также экономичности питания. Как заманчиво иметь очень маленький, очень легкий радиоприемник, который можно носить в кармане и для питания которого в течение одного-двух месяцев хватило бы батарейки карманного фонарика! А как хорошо было бы иметь карманный передатчик, позволяющий в любой момент включиться в телефонную сеть и позвонить домой, на работу, в справочное бюро! С по-

мощью радиолампы такие портативные и экономичные радиоаппараты создать не удалось. Полупроводники же позволили решить проблемы малогабаритности и экономичности радиоаппаратуры.

Соперник радиолампы еще очень молод и поэтому кое в чем несовершенен. Но это «детские болезни». Задатки у него замечательные. Трудно сказать, заменит ли он когда-нибудь все радиолампы, особенно лампы, предназначенные для генерирования высокочастотных колебаний большой мощности. Но уже сейчас созданы полупроводниковые приборы, способные полностью заменить радиолампы в любом радиоприемнике. Полупроводники совершенствуются, будущее за ними.

Вместо эпилога

Вот и конец рассказа о радиоприемнике и о том, как я стал радиолюбителем.

Много лет прошло с того времени, когда происходили описанные в этой книжке события. Но я никогда не забываю тех часов, дней и месяцев, которые провел у радиоприемника с паяльником и отверткой в руках. Умение все сделать своими руками, привычка анализировать свою работу и стремление к более совершенному — эти качества, воспитанные радиолюбительством, очень мне пригодились. Радиотехника, радиоприемники, колебательные контуры, словом, вся наука об электричестве не была для меня чем-то абстрактным. Начатки этой науки я постиг еще до института, до многого дошел размышлениями, многое сделал своими руками. И теперь я знаю — настоящий радиоспециалист начинается с радиолюбителя.

Мне очень хочется, чтобы моя любимая наука перестала быть для многих туманной загадкой. В радиотехнике нет ничего непонятного. В ней все строго логично, здесь все объяснимо с точки зрения физики. Но чтобы понять, как работают самые различные радиоаппараты, надо твердо усвоить принципы радиотехники. О них я и написал эту книжку.

Конечно, многое в ней рассказано упрощенно, может быть даже примитивно. Это сделано сознательно: я хотел лишь наметить тропинку в радиотехнику. И потом — заинтересовать читателей радиолюбительством. Ведь радиолюбительство — это творчество, самое настоящее творчество, с его радостями и огорчениями.

Безусловно, в радиотехнике далеко не все так просто, как это может показаться из моего рассказа. У вдумчи-

вого читателя уже, вероятно, возникло много вопросов, много «почему» и «как». Ответы на них он сможет найти в других, более подробных книгах по радиотехнике.

Таких книг очень много. Однако при их выборе надо иметь в виду следующее. Современная радиотехника настолько разрослась, что охватить в одной, даже очень толстой книге все ее разделы уже невозможно. Радиоинженеры обычно специализируются и поэтому хорошо знают только одну какую-нибудь область радиотехники, например радиопередающие или радиоприемные устройства, телевизионную технику, измерительную технику, технику сверхвысоких частот, звукозапись, электронику и пр. В соответствии с этим и книги по радиотехнике в большинстве случаев посвящены какой-нибудь одной из этих областей или даже одному из вопросов в этой области.

Кроме того, при выборе книги надо учитывать, что большинство из них рассчитаны на радиоспециалистов, окончивших радиотехнические учебные заведения. Поэтому радиолюбитель, если он не обладает определенным запасом знаний, может не понять многое из того, что в ней написано.

Лучше всего начать изучать радиотехнику по книгам, написанным специально для радиолюбителей. Такие книги издаются в «Массовой радиобиблиотеке» Госэнергоиздата, а также в издательствах Связьиздат и ДОСААФ. У радиолюбителей есть и свой журнал «Радио». Для первого знакомства с какой-либо областью радиотехники следует взять книгу, рассматривающую эту область целиком, — учебник или учебное пособие, причем лучше всего радиолюбительский учебник или учебник для техникума. Однако при пользовании общими учебниками надо помнить, что они написаны в соответствии с учебной программой техникума или института и требуют от читателя определенных знаний по другим вопросам радиотехники. Наконец, начинающим радиолюбителям полезно обращаться в местные радиоклубы ДОСААФ, где можно получить консультацию, познакомиться с новинками радиотехнической литературы и получить определенную специализацию.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 19 коп.